



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN
VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HUBER JUAN VALERO MENDOZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN
VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HUBER JUAN VALERO MENDOZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

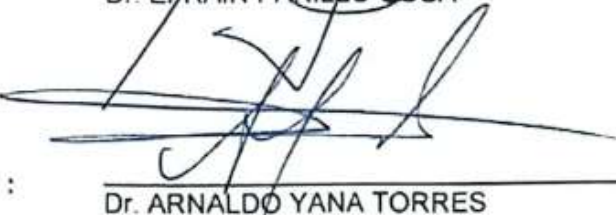
PRESIDENTE

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO


PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1896-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 15913 presentado por el (la) Bachiller: HUBER JUAN VALERO MENDOZA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. HUBER JUAN VALERO MENDOZA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la NOMINACIÓN DE JURADOS integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: HUBER JUAN VALERO MENDOZA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Martes 31 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 08:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
DITECIP
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1671-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 17137 por el señor (a): **HUBER JUAN VALERO MENDOZA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1448 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 305- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **HUBER JUAN VALERO MENDOZA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 305- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **HUBER JUAN VALERO MENDOZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Etraín Paríto Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1272-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 14147, presentado el señor (a) HUBER JUAN VALERO MENDOZA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1175 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 338 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): HUBER JUAN VALERO MENDOZA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 338 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): HUBER JUAN VALERO MENDOZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Stamp and signature of Dr. MILTHON QUISPE HUANCA, Decano CIP. 47790

Stamp and signature of Dr. Efraín Pujillo Sosa, Director Unidad de Investigación

cc. Archivo 2024 Interesado (id)



ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante | 6% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 5% |
| 3 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 7 | repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet | <1% |




Metadatos Complementarios



| | |
|---|---|
| Título de la tesis | |
| ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024 | |
| Datos de autor | |
| Nombres y apellidos | HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 70150882 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0009-0001-6391-7305 |
| Datos de asesor | |
| Nombres y apellidos | MILTHON QUISPE HUANCA |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 02424528 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0002-4219-1007 |
| Datos del jurado | |
| Presidente del jurado | |
| Nombres y apellidos | LEONEL SUASACA PELINCO |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40865558 |
| Miembro del jurado 1 | |
| Nombres y apellidos | EFRAIN PARILLO SOSA |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02416058 |
| Miembro del jurado 2 | |
| Nombres y apellidos | ARNALDO YANA TORRES |
| Tipo de documento | DNI |



| | |
|--|---|
| Número de documento de identidad | 41414676 |
| Datos de investigación | |
| Línea de investigación | Tecnología de la Construcción - P17 |
| Grupo de investigación | No aplica. |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |
| Ubicación geográfica de la investigación | <p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel Latitud: S 15° 28' 43" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/sRv2M7R1wK3qJ4nL7</p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Octubre 2024 - Diciembre 2024 |
| URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería | Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 |




 Dr. Efrén Parillo Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo HUBER JUAN VALERO MENDOZA, identificado con DNI Nro. 70150882, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL

MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO

TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 24 de enero del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios por darme todo lo necesario para poder culminar estos 5 años de carrera universitaria y a mis hermanas Noemi y Leonarda por su apoyo incondicional. A mis padres Victor y Maura por ser mi motor, mi fuerza, mis ganas de nunca rendirme, y por todo el amor y sacrificio brindado. A Flor Diana, mi compañera de vida y cómplice en esta lucha constante, por ser mis ganas de salir adelante y enseñarme a ser fuerte en los momentos difíciles. A mí cuñado Richar y Fredy por sus consejos y estar en los buenos y malos momentos. A todas esas personas que ayudaron a poder hacer realidad el sueño de ser una Ingeniera Civil.

Huber Juan Valero Mendoza



AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme concretar esta etapa de mi vida, brindándome paciencia, fortaleza y humildad, a mi familia por su amor, apoyo incondicional y creer en mi capacidad, gracias por ser los mejores ejemplos de lucha. A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por su formación académica, a los docentes por su colaboración y orientación desinteresada.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE GENERAL iii

ÍNDICE DE TABLAS vi

ÍNDICE DE FIGURAS vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

INTRODUCCIÓN x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática 1

1.2 Planteamiento del problema 2

 1.2.1 Problema General 2

 1.2.2 Problemas Específicos 2

1.3 Objetivos de la investigación 2

 1.3.1 Objetivo General 2

 1.3.2 Objetivos Específicos 2

1.4 Justificación de la investigación 3

 1.4.1 Justificación técnica 3

 1.4.2 Justificación social 3

 1.4.3 Justificación económica 4

1.5 Hipótesis de la Investigación 4

 1.5.1 Hipótesis General 4

 1.5.2 Hipótesis Específicas 4

1.6 Variables e indicadores 5

 1.6.1 Variable independiente 5

 1.6.2 Variable dependiente 5

1.7 Operacionalización de Variables 5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 7

 2.1.1 Antecedentes internacionales 7



| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.1.2 | Antecedentes nacionales..... | 9 |
| 2.1.3 | Antecedentes regionales. | 11 |
| 2.2 | Bases teóricas..... | 13 |
| 2.2.1 | Pavimento. | 13 |
| 2.2.1.1 | Pavimento Flexible | 14 |
| 2.2.1.2 | Pavimento Rígido | 15 |
| 2.2.1.3 | Comparación entre Pavimentos Flexibles y Rígidos | 16 |
| 2.2.2 | Deterioros del pavimento..... | 17 |
| 2.2.2.1 | Fisuración por fatiga | 17 |
| 2.2.2.2 | Fisuración longitudinal y transversal | 18 |
| 2.2.2.3 | Hundimientos y Asentamientos Diferenciales | 19 |
| 2.2.2.4 | Desgaste Superficial..... | 20 |
| 2.2.2.5 | Baches (Potholes) | 20 |
| 2.2.2.6 | Clasificación de las fallas según su severidad | 21 |
| 2.2.3 | Tránsito vehicular y su impacto en el pavimento..... | 22 |
| 2.2.3.1 | Efectos del Tránsito Vehicular en el Deterioro del Pavimento..... | 23 |
| 2.2.3.2 | Importancia del monitoreo y mantenimiento de vías de alto tránsito | 23 |
| 2.2.4 | Metodologías de evaluación de pavimentos. | 24 |
| 2.2.5 | Manual Americano de Inspección Visual (PCI – ASTM D6433)..... | 24 |
| 2.2.5.1 | Características Principales del PCI..... | 25 |
| 2.2.5.2 | Clasificación del Pavimento según el PCI..... | 25 |
| 2.2.5.3 | Aplicaciones del método PCI en la gestión vial..... | 26 |
| 2.2.5.4 | Ventajas y Limitaciones del Método PCI..... | 26 |
| 2.2.5.5 | Comparación del pci con otros métodos de evaluación de pavimentos.. | 27 |
| 2.2.6 | Propuesta de Intervención | 28 |
| 2.2.6.1 | Mantenimiento Rutinario..... | 28 |
| 2.2.6.2 | Mantenimiento Periódico | 28 |
| 2.2.6.3 | Rehabilitación o Reconstrucción Total..... | 29 |
| 2.2.6.4 | Factores a considerar para seleccionar una estrategia de intervención . | 30 |
| 2.3 | Marco conceptual..... | 31 |
| 2.3.1 | Condición superficial..... | 31 |
| 2.3.2 | Inspección visual | 31 |
| 2.3.3 | Manual PCI..... | 31 |
| 2.3.4 | ASTM D6433..... | 31 |
| 2.3.5 | Fallas del pavimento..... | 32 |
| 2.3.6 | Vías de alto tránsito | 32 |



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación 33

3.2 Método de la Investigación..... 33

3.3 Nivel y tipo de la investigación 34

 3.3.1 Nivel de la Investigación 34

 3.3.2 Tipo de la investigación 34

3.4 Población y Muestra 34

 3.4.1 Población..... 34

 3.4.2 Muestra 35

 3.4.3 Técnicas e Instrumentos..... 35

 3.4.3.1 Técnicas 35

 3.4.3.2 Instrumentos..... 37

3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos 38

 3.5.1 Desarrollo del plan de investigación 39

 3.5.2 Procesamiento de datos 43

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados..... 44

 4.1.1 Fallas y grado de severidad, según el manual americano de inspección visual en vías de alto tránsito..... 45

 4.1.2 Estado Superficial de las Vías Usando el PCI..... 57

 4.1.3 Propuesta de alternativa de intervención en la vía..... 70

4.2 Discusión de resultados 81

CONCLUSIONES 85

RECOMENDACIONES..... 86

REFERENCIAS 87

ANEXOS 93



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Cuadro de operacionalización de variables..... | 6 |
| Tabla 2 Ventajas y desventajas del pavimento flexible..... | 15 |
| Tabla 3 Ventajas y desventajas del pavimento rígido..... | 16 |
| Tabla 4 Clasificación de fallas..... | 21 |
| Tabla 5 Valores de calificación..... | 25 |
| Tabla 6 Comparativa entre métodos..... | 27 |
| Tabla 7 Comparación de Estrategias de Intervención..... | 30 |
| Tabla 8 Progresiva de los tramos analizados..... | 40 |
| Tabla 9 Fallas y grado de severidad en tramo 1, Progresiva 0+000 - 0+100..... | 45 |
| Tabla 10 Fallas y grado de severidad en tramo 2, Progresiva 0+100 - 0+200..... | 46 |
| Tabla 11 Fallas y grado de severidad en tramo 3, Progresiva 0+200 - 0+300..... | 47 |
| Tabla 12 Fallas y grado de severidad en tramo 4, Progresiva 0+300 - 0+400..... | 48 |
| Tabla 13 Fallas y grado de severidad en tramo 5, Progresiva 0+400 - 0+500..... | 49 |
| Tabla 14 Fallas y grado de severidad en tramo 6, Progresiva 0+500 - 0+600..... | 50 |
| Tabla 15 Fallas y grado de severidad en tramo 7, Progresiva 0+600 - 0+700..... | 51 |
| Tabla 16 Fallas y grado de severidad en tramo 8, Progresiva 0+700 - 0+800..... | 52 |
| Tabla 17 Fallas y grado de severidad en tramo 9, Progresiva 0+800 - 0+900..... | 53 |
| Tabla 18 Fallas y grado de severidad en tramo 10, Progresiva 0+900 - 1+000..... | 54 |
| Tabla 19 Fallas y grado de severidad en tramo 11, Progresiva 1+000 - 1+100..... | 55 |
| Tabla 20 Fallas y grado de severidad en tramo 12, Progresiva 1+100 - 1+180..... | 56 |
| Tabla 21 Calculo del PCI del tramo 1, Progresiva 0+000 - 0+100..... | 57 |
| Tabla 22 Calculo del PCI del tramo 2, Progresiva 0+100 - 0+200..... | 58 |
| Tabla 23 Calculo del PCI del tramo 3, Progresiva 0+200 - 0+300..... | 59 |
| Tabla 24 Calculo del PCI del tramo 4, Progresiva 0+300 - 0+400..... | 60 |
| Tabla 25 Calculo del PCI del tramo 5, Progresiva 0+400 - 0+500..... | 61 |
| Tabla 26 Calculo del PCI del tramo 6, Progresiva 0+500 - 0+600..... | 62 |
| Tabla 27 Calculo del PCI del tramo 7, Progresiva 0+600 - 0+700..... | 63 |
| Tabla 28 Calculo del PCI del tramo 8, Progresiva 0+700 - 0+800..... | 64 |
| Tabla 29 Calculo del PCI del tramo 9, Progresiva 0+800 - 0+900..... | 65 |
| Tabla 30 Calculo del PCI del tramo 10, Progresiva 0+900 - 1+000..... | 66 |
| Tabla 31 Calculo del PCI del tramo 11, Progresiva 1+000 - 1+100..... | 67 |
| Tabla 32 Calculo del PCI del tramo 12, Progresiva 1+100 - 1+180..... | 68 |
| Tabla 33 Resumen del PCI para los 12 tramos analizados..... | 69 |
| Tabla 34 Resumen de la Propuesta de intervención en cada Tramo..... | 80 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Piel de cocodrilo..... | 18 |
| Figura 2 | Fisura longitudinal en pavimento flexible..... | 19 |
| Figura 3 | Deformaciones Plásticas..... | 20 |
| Figura 4 | Localización de la carretera. | 39 |
| Figura 5 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 1..... | 45 |
| Figura 6 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 2..... | 46 |
| Figura 7 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 3..... | 47 |
| Figura 8 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 4..... | 48 |
| Figura 9 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 5..... | 49 |
| Figura 10 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 6..... | 50 |
| Figura 11 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 7..... | 51 |
| Figura 12 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 8..... | 52 |
| Figura 13 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 9..... | 53 |
| Figura 14 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 10..... | 54 |
| Figura 15 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 11..... | 55 |
| Figura 16 | Cantidad de fallas identificadas en tramo 12..... | 56 |
| Figura 17 | Densidad y Valor deducido en el tramo 1..... | 57 |
| Figura 18 | Densidad y Valor deducido en el tramo 2..... | 58 |
| Figura 19 | Densidad y Valor deducido en el tramo 3..... | 59 |
| Figura 20 | Densidad y Valor deducido en el tramo 4..... | 60 |
| Figura 21 | Densidad y Valor deducido en el tramo 5..... | 61 |
| Figura 22 | Densidad y Valor deducido en el tramo 6..... | 62 |
| Figura 23 | Densidad y Valor deducido en el tramo 7..... | 63 |
| Figura 24 | Densidad y Valor deducido en el tramo 8..... | 64 |
| Figura 25 | Densidad y Valor deducido en el tramo 9..... | 65 |
| Figura 26 | Densidad y Valor deducido en el tramo 10..... | 66 |
| Figura 27 | Densidad y Valor deducido en el tramo 11..... | 67 |
| Figura 28 | Densidad y Valor deducido en el tramo 12..... | 68 |
| Figura 29 | Resumen del cálculo de PCI, de los 12 Tramos analizados. | 69 |



RESUMEN

La tesis "Análisis de la condición superficial del pavimento mediante el manual americano de inspección visual en vías de alto tránsito del distrito de san miguel 2024", tuvo como objetivo evaluar el estado superficial de pavimentos flexibles de la Av. 3 de octubre del distrito de San Miguel, la investigación sigue un enfoque cuantitativo y se desarrolló a través de un diseño no experimental, descriptivo y transversal, utilizando el método de (PCI). Este estudio evalúa el estado de conservación de una vía de alto tránsito en el distrito de San Miguel, con el objetivo de identificar y analizar las fallas más comunes y su severidad, utilizando el Manual Americano de Inspección Visual. La vía, de 1.18 kilómetros de longitud y 14 metros de ancho, fue segmentada en 12 tramos para realizar una inspección detallada de cada sección. Los resultados revelan que las fallas más frecuentes son las grietas longitudinales y transversales, la piel de cocodrilo y el desprendimiento de agregados, predominantemente con una severidad media a alta. El Índice de Condición de Pavimento (PCI) de 66.08 clasifica la vía en "condición regular", lo que evidencia la necesidad de un plan de mantenimiento que combine medidas preventivas y correctivas para mitigar el desgaste progresivo y garantizar la seguridad vial. En función de estos hallazgos, se propone un plan de intervención específico: para los tramos en "buen" estado, se recomienda mantenimiento preventivo, como el sellado de grietas y el bacheo superficial; en tramos con "condición regular", se sugiere un mantenimiento correctivo, como el bacheo profundo y fresado parcial. Este enfoque optimiza los recursos, prolonga la vida útil de la vía y minimiza los costos futuros, asegurando así la funcionalidad y seguridad de esta infraestructura crucial en San Miguel.

Palabras clave: Estado del Pavimento, Índice PCI, Mantenimiento de Vías, Vías de Alto Tránsito.



ABSTRACT

The thesis "ANALYSIS OF THE SURFACE CONDITION OF THE PAVEMENT USING THE AMERICAN MANUAL OF VISUAL INSPECTION IN HIGH TRAFFIC ROADS OF THE SAN MIGUEL DISTRICT 2024", aimed to evaluate the surface condition of flexible pavements of Av. 3 de Octubre in the San Miguel District, the research follows a quantitative approach and was developed through a non-experimental, descriptive and transversal design, using the (PCI) method. This study evaluates the state of conservation of a high-traffic road in the San Miguel district, with the aim of identifying and analyzing the most common failures and their severity, using the American Manual of Visual Inspection. The road, 1.18 kilometers long and 14 meters wide, was segmented into 12 sections to carry out a detailed inspection of each section. The results reveal that the most frequent failures are longitudinal and transverse cracks, alligator skin, and aggregate detachment, predominantly with medium to high severity. The Pavement Condition Index (PCI) of 66.08 classifies the road in "fair condition," which shows the need for a maintenance plan that combines preventive and corrective measures to mitigate progressive wear and ensure road safety. Based on these findings, a specific intervention plan is proposed: for sections in "good" condition, preventive maintenance is recommended, such as crack sealing and surface patching; in sections with "fair condition," corrective maintenance is suggested, such as deep patching and partial milling. This approach optimizes resources, prolongs the road's useful life, and minimizes future costs, thus ensuring the functionality and safety of this crucial infrastructure in San Miguel.

Keywords: Pavement Condition, PCI Index, Road Maintenance, High-traffic Roads.



INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es un componente esencial para el desarrollo de una ciudad, pues facilita el tránsito eficiente de personas y mercancías, contribuyendo directamente a la economía y calidad de vida de sus habitantes. En distritos urbanos de alta densidad, como San Miguel, la calidad del pavimento de las vías de alto tránsito se convierte en un factor clave para la seguridad, la movilidad y la sostenibilidad ambiental. La presencia de fallas en el pavimento, como grietas, fisuras y baches, no solo afecta la experiencia de los usuarios, sino que incrementa los costos de mantenimiento de los vehículos, prolonga los tiempos de desplazamiento y aumenta el riesgo de accidentes.

En respuesta a esta problemática, el presente estudio propone un análisis exhaustivo de la condición superficial del pavimento en el distrito de San Miguel, aplicando el Manual Americano de Inspección Visual. Este manual ofrece un método estandarizado y reconocido a nivel internacional para clasificar y evaluar las fallas en la superficie del pavimento, permitiendo determinar el nivel de deterioro y su impacto en la funcionalidad de la vía. Al aplicar esta metodología en un contexto local, esta investigación no solo busca proporcionar un diagnóstico detallado del estado actual de las vías de alto tránsito en San Miguel, sino también establecer un marco de referencia técnico que sirva para guiar futuras intervenciones de mantenimiento y rehabilitación en la infraestructura vial del distrito.

Los objetivos de este estudio se centran en identificar las fallas de pavimento con mayor incidencia y severidad, clasificar el estado general de la superficie del pavimento y proponer estrategias de intervención adecuadas al contexto y las necesidades de San Miguel. De esta manera, se espera que los hallazgos de esta investigación no solo beneficien la gestión vial del distrito, sino que también contribuyan a la planificación urbana sostenible y a la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos. En un contexto de crecimiento urbano acelerado, contar con una infraestructura vial en buen estado es



esencial para enfrentar los desafíos de una ciudad moderna y garantizar un tránsito seguro, eficiente y accesible para todos.

Capítulo I: Este primer capítulo aborda el problema central que motivó la investigación, estableciendo de manera clara los objetivos perseguidos, la relevancia del estudio, las hipótesis formuladas, así como la definición precisa de las variables, sus respectivas dimensiones y los indicadores que permitirán su análisis.

Capítulo II: En esta sección se recopilan y analizan los antecedentes más pertinentes al tema investigado, incluyendo estudios previos cuyas conclusiones sirven como punto de referencia para contrastar resultados. Asimismo, se presentan los marcos teóricos fundamentales que sustentan la investigación y se aclaran los conceptos clave que serán utilizados a lo largo del trabajo.

Capítulo III: Este capítulo detalla el enfoque metodológico empleado en el desarrollo del estudio. Se describe el diseño de investigación, el proceso seguido para recolectar la información y las técnicas aplicadas para el análisis de los datos obtenidos, garantizando la rigurosidad científica del estudio.

Capítulo IV: Aquí se presentan los resultados de la investigación mediante tablas, gráficos y demás recursos visuales que permiten una comprensión clara de los hallazgos. A su vez, se incluye una interpretación crítica de los datos y una discusión que contrasta los resultados con las teorías y antecedentes previamente expuestos.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática.

El distrito de San Miguel enfrenta un deterioro significativo en su infraestructura vial, especialmente en las vías de alto tránsito, donde las condiciones del pavimento han empeorado debido al tráfico constante y la falta de un mantenimiento adecuado. Este desgaste superficial se manifiesta en fallas como baches, fisuras y hundimientos, que afectan la seguridad de conductores y peatones, incrementan los tiempos de desplazamiento y elevan los costos de reparación de vehículos. La situación no solo impacta la calidad de vida de los residentes, sino que también repercute negativamente en la economía local al dificultar el transporte eficiente de bienes y servicios.

La falta de estudios técnicos y de una metodología estandarizada para analizar el aspecto del pavimento limita la capacidad de respuesta de las autoridades ante estas fallas. La implementación del Manual Americano de Inspección Visual en esta investigación busca llenar este vacío, proporcionando un análisis precisa y clasificada de la condición actual del pavimento en San Miguel. Este diagnóstico permitirá identificar las áreas más deterioradas y desarrollar un plan de intervención eficaz, optimizando los recursos para el mantenimiento y prolongando la vida útil de la infraestructura vial, en beneficio de la seguridad, la movilidad y el desarrollo sostenible del distrito.



1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 *Problema General.*

¿Cuál es la condición superficial actual del pavimento en las vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024, según el manual americano de inspección visual?

1.2.2 *Problemas Específicos.*

1. ¿Cuáles son las fallas de pavimento de mayor incidencia y qué grado de severidad presentan, según el manual americano de inspección visual, en las vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024?
2. ¿Cuál es la clasificación de condición superficial del pavimento en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024 según el manual americano de inspección visual?
3. ¿Qué tipo de intervenciones se pueden proponer para mejorar la condición superficial del pavimento en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024, basadas en el nivel de condición identificado?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 *Objetivo General*

Analizar la condición superficial del pavimento mediante el manual americano de inspección visual en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.

1.3.2 *Objetivos Específicos.*

1. Identificar las fallas de mayor incidencia y determinar el grado de severidad asociado a ellas, según el manual americano de inspección visual, en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.
2. Determinar la clasificación general de la condición superficial según el manual americano de inspección visual en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.



3. Proponer una propuesta de intervención según el nivel de condición superficial en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Justificación técnica.

La evaluación de la condición del pavimento en vías de alto tránsito en el distrito de San Miguel, utilizando el manual americano de inspección visual, resulta esencial para un análisis preciso de las fallas estructurales y sus niveles de rigor. Esta metodología ofrece un marco de referencia claro y estandarizado, lo que permite que las observaciones sean sistemáticas y comparables. El uso de este manual, aplicado al contexto de San Miguel, permite un diagnóstico detallado que ayudará a mejorar la planificación de intervenciones viales futuras. Al adoptar este estándar internacional, la tesis no solo contribuye con datos locales confiables para la gestión vial, sino que también establece un precedente técnico para proyectos similares, apoyando así el desarrollo de prácticas uniformes y basadas en evidencia para el mantenimiento y optimización de la infraestructura vial del distrito.

1.4.2 Justificación social.

La calidad del pavimento en vías de alto tránsito tiene implicaciones directas para la vida cotidiana de la comunidad en San Miguel. Un pavimento en condiciones adecuadas garantiza tanto la seguridad de los usuarios de la vía como un tránsito más fluido, reduciendo el riesgo de accidentes. Además, un entorno vial adecuado contribuye a mejorar la eficiencia del tráfico, lo que a su vez disminuye el tiempo que los vehículos pasan en circulación y, por lo tanto, las emisiones de contaminantes. Esta investigación se orienta a responder a una necesidad de seguridad vial en el distrito, promoviendo la construcción de un entorno más seguro y funcional para conductores, peatones y ciclistas, y, en última instancia, buscando contribuir a un sistema de transporte urbano

que responda a las expectativas de los ciudadanos en términos de confiabilidad y sostenibilidad.

1.4.3 Justificación económica.

Realizar un diagnóstico exhaustivo el aspecto del pavimento en vías de alto tránsito es clave para optimizar el uso de recursos destinados al mantenimiento vial en el distrito de San Miguel. Un análisis detallado permite prever intervenciones específicas en lugar de reparaciones costosas, apoyando un enfoque preventivo que prolonga la vida útil de la infraestructura vial. Al abordar fallas en etapas tempranas, se evita el deterioro avanzado, que normalmente resulta en mayores gastos tanto para la administración pública como para los ciudadanos. Asimismo, un pavimento en buen estado reduce los costos de reparación vehicular asociados a los daños por vías en mal estado, lo que representa un ahorro para los conductores locales. Este estudio, al identificar áreas críticas de intervención y mantenimiento, contribuye a una gestión de recursos más eficaz y rentable, beneficiando tanto a la comunidad como a la administración del distrito en el largo plazo.

1.5 Hipótesis de la Investigación.

1.5.1 Hipótesis General.

El pavimento de las vías de alto tránsito en el distrito de San Miguel en 2024, mostrara un deterioro significativo que afecta su funcionalidad y seguridad, por lo que se requiere una intervención específica.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

1. Las fallas más comunes en el pavimento de las vías de alto tránsito en el distrito de San Miguel en 2024 presentaran niveles altos de daño, lo que impacta negativamente en la seguridad y el flujo vehicular.



2. La clasificación general del estado superficial del pavimento, de acuerdo con el manual americano de inspección visual, será de calidad baja o regular, lo que sugiere la necesidad de trabajos de mantenimiento o reparación en San Miguel.
3. Una propuesta de intervención específica, basada en el estado actual del pavimento, mejorará de manera significativa la durabilidad y el funcionamiento de las vías de alto tránsito en San Miguel.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable independiente.

Condición del pavimento.

Indicadores:

- Fallas.
- Grado de severidad.

1.6.2 Variable dependiente

Intervención en vías de pavimento flexible.

Indicadores:

- (PCI)

1.7 Operacionalización de Variables.

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables.

| Variable Independiente | Definición | Dimensión | Indicadores | Instrumentos de Medición |
|---|---|-----------------------------|--|----------------------------------|
| Condición del pavimento | Pavimento es el estado físico y funcional de la superficie vial, evaluado mediante parámetros que determinan su capacidad para soportar el tránsito y mantener la seguridad. | Estado superficial. | Grado de severidad, Estado de los tramos | Inspección visual, Manual de PCI |
| Variable Dependiente | Definición | Dimensión | Indicadores | Instrumentos de Medición |
| Intervención en vías de pavimento flexible. | Pavimento flexible consiste en la implementación de medidas de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción para mejorar la funcionalidad y prolongar la vida útil de las vías, optimizando su estructura y resistencia al tráfico. | Alternativa de intervención | Tipo de intervención | Propuesta técnica. |

Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales.

(Baque-Solis, 2020) su estudio "Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí". El propósito de esta investigación fue evaluar el estado del pavimento flexible en el Tramo II de la Carretera Puerto-Aeropuerto, ubicado en la ciudad de Manta, provincia de Manabí. Como parte del proceso de recolección de datos, se utilizó una estrategia de observación para localizar y seleccionar el tramo de interés. Se realizó una aplicación del estándar PCI con la ayuda de un formato específico, que se utilizó para documentar los problemas detectados. La región investigada abarca una longitud total de 3.600 metros (m) y un ancho de 17,5 metros. Se extiende desde la rotonda del Parque del Marisco hasta la rotonda del Aeropuerto. De acuerdo con los hechos recopilados, incluyendo el hecho de que el tramo en cuestión recibió una calificación de 49, el índice PCI clasificó el tramo investigado como en la categoría de condición normal. Entre las unidades de muestra analizadas, el desconchado de áridos representó el 78,28%, la piel de cocodrilo el 4,51%, los áridos pulidos el 4,11%, las grietas en bloques el 3,96%, las grietas longitudinales y transversales el 3,24% y las



manchas el 2,27%. Según los hallazgos del estudio, se identificaron doce categorías distintas de defectos, ordenadas de mayor a menor frecuencia.

(Coy Pineda, 2017) En el trabajo de investigación del autor, titulado "Evaluación de la superficie de un pavimento flexible en la calle 134 entre las calles 52 y 53, comparando los métodos Vizir y PCI", se analizan las herramientas necesarias para evaluar la calidad de un pavimento flexible mediante inspección visual o de superficie. Con este sencillo método, se puede documentar el deterioro de la superficie, asignar una calificación a la capa de rodadura y determinar los tratamientos necesarios para devolverla a su estado de servicio original. Además, se comparan dos métodos de inspección diferentes, Vizir y PCI, y se ofrecen recomendaciones sobre cuál de los dos podría ser el más adecuado para su aplicación en situaciones reales.

(Cordero Garcés & Guaranda Mero, 2017) su estudio "Análisis comparativo de los métodos Vizir-PCI aplicados al pavimento flexible de la vía Jipijapa-La Mona, cantón Jipijapa" En esta discusión, se aborda la importancia de preservar la infraestructura vial del Ecuador como componente esencial para el desarrollo socioeconómico del país. En conclusión, se concluye que la preservación de la infraestructura vial es vital para la expansión de estas carreteras. Mantener el pavimento en buen estado no solo beneficia el transporte y la venta de productos agrícolas, sino que también aumenta la seguridad y comodidad de la vía para quienes la utilizan. Mediante el uso de las técnicas VIZIR (Inspección Visual de Áreas y Rutas en Riesgo) y PCI (Índice de Estado del Pavimento), el propósito de esta investigación es comparar la evaluación funcional de un pavimento flexible ubicado en la ruta Jipijapa-La Mona. La vía en cuestión se encuentra en La Mona. La evaluación del estado del pavimento y la identificación de las partes que requieren conservación se realizan con la ayuda de los datos obtenidos mediante ambos métodos de investigación.



2.1.2 Antecedentes nacionales.

(Campos Requejo, 2018) En su tesis doctoral titulada "Evaluación superficial aplicando la metodología PCI del pavimento flexible de la carretera Bagua-Alenya, provincia de Bagua, Amazonas – 2018", Como objetivo principal, se decidió que este sería "evaluar el estado superficial del pavimento flexible mediante la metodología PCI para determinar las condiciones del pavimento asfáltico". La tesis que escribió lleva este título. El Índice de Estado del Pavimento (PCI) es un instrumento más completo que puede utilizarse para evaluar el estado estructural de los pavimentos, así como su capacidad para ser utilizados durante la construcción. El PCI no solo proporciona una señal clave que describe el estado de la superficie, sino que también proporciona una señal clave que describe su estado. Con el uso de esta tecnología, es posible realizar un examen del pavimento actual para determinar si requiere mantenimiento o reparación continua. Será posible determinar el estado actual del pavimento una vez finalizada la evaluación realizada mediante la técnica PCI. Este descubrimiento permite delinear los pasos a seguir para corregir cualquier irregularidad estructural que se haya detectado.

(Medina Hostia & Vivanco Ríos, 2021) "Análisis superficial de pavimentos flexibles y alternativas de intervención para el tramo puente Los Maestros – Cutervo, vía Acomayo, Ica, 2021" Es el nombre de la tesis que finalmente finalizó para obtener su doctorado. Con el tiempo, se ha observado que la infraestructura vial del departamento de Ica se ha deteriorado, revelando diversos problemas que afectan la comodidad y la seguridad de los pasajeros al viajar por la red vial local. La ausencia de un plan integral de mantenimiento vial, tanto para la infraestructura vial como para los componentes que mantienen la seguridad vial, es directamente responsable de todo lo sucedido, a pesar de haber sido una causa directa de todo lo ocurrido. Esta investigación se centrará en el tramo del puente Los Maestros-Cutervo, ubicado en la carretera Acomayo, en la región de Ica. Para lograr este objetivo, se utilizará el método PCI (Índice de Estado del Pavimento). El valor del Índice de Estado de la Superficie del Pavimento que la ruta en



cuestión aporta al sistema de transporte total es el objeto de esta investigación, y el propósito de este estudio es calcular dicho valor. Tras la obtención de estos hallazgos, se ofrecerán diversas alternativas para la restauración de la carretera con el fin de mejorar su navegabilidad. Para determinar el tipo de falla, la gravedad del problema y el ábaco para pavimentos flexibles, se utilizaron hojas de inspección visual. Estas hojas, diseñadas de acuerdo con el manual PCI, se utilizaron en el tramo del puente Los Maestros-Cutervo, ubicado en la carretera Acomayo, departamento de Ica. Para implementar el enfoque, esto fue un requisito previo. La evaluación de 2,32 kilómetros arrojó un PCI promedio de 35,34, según los datos. Como consecuencia, el individuo recibió una calificación "mala", lo que requirió la implementación de una intervención de rehabilitación. La metodología PCI se utiliza en este estudio con el objetivo principal de investigar las enfermedades asociadas con los pavimentos flexibles. Tanto la calidad del pavimento como la transitabilidad del puente Los Maestros-Cutervo, ubicado en la carretera Acomayo, departamento de Ica, se mejorarán próximamente.

(Callme Chivigorri & Torres Banda, 2024) El tema de su tesis es "Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la Avenida Primavera, Cerro Colorado, Arequipa", Además de estar ubicada en Arequipa, esta tesis consiste en la evaluación del pavimento de la Avenida Primavera, ubicada en el departamento de Arequipa, la ciudad de Arequipa y el distrito de Cerro Colorado. La evaluación es tanto estructural como superficial. Además, se incorpora el barrio de Cerro Colorado en esta propuesta de tesis. Se realizó una investigación y evaluación de una ampliación de 1700 metros lineales de un carril asfáltico para detectar posibles defectos o deflexiones. Esta ampliación forma parte del proyecto general. El propósito de esta investigación es realizar una evaluación del pavimento desde un punto de vista estructural y superficial para comprender mejor el estado actual del pavimento flexible ubicado en la Avenida Primavera. Por consiguiente, se utilizará el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para examinar la superficie y la viga Benkelman para comparar los componentes estructurales. Como consecuencia de



esto, es posible diferenciar dos tipos de pruebas para determinar el nivel de calidad en la construcción de carreteras: pruebas destructivas y pruebas no destructivas. Las pruebas no destructivas se realizaron en este proyecto debido a su uso frecuente para prevenir daños en las superficies de las carreteras preexistentes, su amplia aplicación y su alta viabilidad. En esta investigación, se empleó la prueba de viga Benkelman, una técnica fundamental y aplicable. Este examen se realizó con el objetivo de comprender las cualidades estructurales del pavimento. Uno de los componentes del proceso es la aplicación de una carga sobre la superficie de rodadura, y el otro, la medición posterior de la deflexión. Mediante esta prueba, se determinará su capacidad portante, es decir, la cantidad de cargas de tráfico que puede soportar a lo largo de su vida útil. Mediante el uso de técnicas de cálculo de regresión, se realizarán más investigaciones para investigar la conexión entre el desgaste y el cansancio.

2.1.3 Antecedentes regionales.

(Apaza Porto, 2021) "Evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI para el mejoramiento del anillo vial noroeste, Juliaca-2021" Este es el nombre del proyecto de estudio que se ha llevado a cabo a lo largo de los años. Se trata de la evaluación de la función superficial del pavimento flexible en el Anillo Vial Noroeste de la ciudad de Juliaca mediante el método PCI. Este método busca evaluar y determinar los porcentajes del área afectada, el tipo de daño y su gravedad, y así brindar una solución alternativa. El análisis de la función superficial del pavimento flexible es el objetivo principal de este estudio. Actualmente, la aplicabilidad de la investigación evaluativa puede considerarse un ejemplo del tipo de investigación que se utiliza. Para recopilar, analizar y establecer conexiones entre datos cualitativos y cuantitativos dentro del mismo estudio, se utilizará una técnica mixta. Esto se debe a que se implementará un proceso que recopilará, evaluará y vinculará los datos. Inicialmente, se realizaron estudios de daños, a veces denominados sondeos, con el fin de recopilar información. Posteriormente, se recolectaron muestras y se transportaron al laboratorio para



someterlas a los exámenes programados. Todos estos exámenes se llevaron a cabo de acuerdo con las normas y procedimientos vigentes en ese momento. Posteriormente, se utilizó el Índice de Condición del Pavimento Asfáltico (PCI) para realizar el análisis superficial. Una vez finalizadas las pruebas de laboratorio, se descubrió que los problemas geotécnicos responsables de las fallas del pavimento se encontraban en la base de la construcción del mismo. Los tres hoyos presentaron CBR inferiores al 100%, siendo el hoyo 3 el que presentó el CBR más bajo de los tres, alcanzando un total del 70%. El CBR del hoyo 3 fue el más bajo de los tres. Además, se descubrió que los índices de plasticidad fueron superiores al 2%, representando el hoyo 1 el 4,64% del total. Asimismo, se descubrió que la nivelación estaba fuera del eje en cada uno de los tres hoyos del campo. Tras una exhaustiva investigación, el Índice de Estado del Pavimento (ICP) se calculó finalmente en 31. Esta puntuación indica que el pavimento está en mal estado y que es necesario cambiar la capa asfáltica. Por consiguiente, el pavimento debe reemplazarse.

(Ccama Quispe & Turpo Arapa, 2021) El propósito de la tesis titulada "Evaluación Superficial del Estado del Pavimento Flexible y Verificación de Tramos con Defectos Estructurales Mediante Deflectometría, Carretera Juliaca - Lampa, Puno" es evaluar el estado superficial y estructural del pavimento flexible ubicado en la Carretera Juliaca - Lampa. Esta evaluación se realizará mediante un enfoque de investigación de métodos mixtos. Durante esta evaluación, se evaluará el estado estructural del pavimento flexible, así como su estado superficial. Como parte de esta investigación, se verificará la integridad estructural de los tramos con defectos. La caracterización y el cálculo de las variables se realizan de acuerdo con los procedimientos descritos en el estudio de investigación. La caracterización y el cálculo de las variables se logran mediante el uso de este método. Dado que el pavimento se evaluará con la ayuda del PCI (Índice de Estado del Pavimento) y una técnica no destructiva conocida como la viga Benkelman, el diseño del estudio comprende un nivel descriptivo y uno aplicativo. El diseño de la

investigación se considera no experimental, ya que las variables no se modifican significativamente a lo largo de la misma. El Índice de Estado del Pavimento (ICP) del Tramo 5 de la Carretera Juliaca-Lampa es de 4,13, lo que indica una condición "fallida" y sugiere su reparación. Los datos muestran que esta condición podría repararse. Este resultado es el resultado de una evaluación que considera únicamente el nivel de la superficie. A la luz de los hallazgos del estudio estructural, se determinó que el carril izquierdo presenta una deflexión típica de 107,86 milímetros por cien centímetros, mientras que el carril derecho presenta una deflexión de 150,35 milímetros por cien centímetros. A la luz de los resultados de la investigación, se llegó a esta conclusión. Ambos valores son superiores a la deflexión máxima tolerable, que es de 88 milímetros por cien metros cuadrados.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Pavimento.

El pavimento es una estructura fundamental en la infraestructura vial, cuya principal función es proporcionar una superficie de rodadura que garantice la seguridad, comodidad y eficiencia en la circulación vehicular. Su diseño y construcción influyen directamente en la calidad del tránsito, la durabilidad de la vía y los costos de mantenimiento a lo largo de su vida útil (Fernández & Torres, 2022).

El pavimento debe cumplir con varios requisitos estructurales y funcionales, tales como:

- Resistencia estructural: Soportar las cargas dinámicas de los vehículos sin sufrir deformaciones permanentes.
- Durabilidad: Mantener sus propiedades mecánicas a lo largo del tiempo, resistiendo la acción del tránsito y las condiciones climáticas.
- Comodidad y seguridad: Proporcionar una superficie lisa que evite vibraciones excesivas y garantice una adecuada fricción entre los neumáticos y la calzada para prevenir accidentes.

- ❑ Mantenimiento y costos: Permitir intervenciones periódicas con costos eficientes para prolongar su vida útil y minimizar interrupciones en la circulación (González et al., 2021).

Desde un punto de vista estructural y funcional, los pavimentos se clasifican en dos grandes tipos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

2.2.1.1 Pavimento Flexible

El pavimento flexible está compuesto por múltiples capas de materiales granulares y una capa superior de mezcla asfáltica, diseñada para soportar las cargas vehiculares y distribuir las progresivamente hacia el suelo de cimentación. Su principal característica es su capacidad de adaptación a las deformaciones del terreno subyacente sin sufrir fracturas significativas (Jiménez & Martínez, 2020).

Componentes del Pavimento Flexible

Un pavimento flexible típico está conformado por las siguientes capas:

- ❑ Capa de rodadura: Es la capa superior de mezcla asfáltica, en contacto directo con los vehículos. Su función es proporcionar una superficie de rodadura resistente al desgaste, reducir la filtración de agua y mejorar la adherencia neumático-pavimento (Rodríguez & Pérez, 2019).
- ❑ Base granular o estabilizada: Compuesta por agregados pétreos compactados o estabilizados con cemento o asfalto, su función es distribuir las cargas hacia las capas inferiores y mejorar la resistencia estructural del pavimento.
- ❑ Subbase: Proporciona un soporte adicional a la base y ayuda a prevenir la infiltración de agua hacia el suelo subyacente.
- ❑ Subrasante: Es la capa natural del suelo sobre la cual se construye el pavimento. Su resistencia y estabilidad influyen directamente en el desempeño estructural del pavimento flexible (González et al., 2021).

Tabla 2*Ventajas y desventajas del pavimento flexible.*

| Aspecto | Ventajas | Desventajas |
|-------------------------------|---|---|
| Costo inicial | Menor costo de construcción en comparación con el pavimento rígido. | Mayor costo de mantenimiento a lo largo del tiempo. |
| Tiempo de construcción | Rápida ejecución, permitiendo habilitar la vía en menor tiempo. | Menor resistencia estructural ante cargas pesadas continuas. |
| Mantenimiento | Fácil rehabilitación mediante reapeo con nueva mezcla asfáltica. | Mayor frecuencia de mantenimiento en comparación con el pavimento rígido. |
| Adaptabilidad | Se adapta a terrenos con deformaciones sin fracturarse. | Sensible a la acción del agua y las temperaturas extremas. |

Nota. Elaboración propia.

2.2.1.2 Pavimento Rígido

El pavimento rígido está conformado por losas de concreto hidráulico, las cuales poseen una mayor capacidad estructural y resistencia en comparación con los pavimentos flexibles. A diferencia del pavimento asfáltico, la carga vehicular es distribuida de manera más uniforme sobre una mayor área, reduciendo la deformación en el terreno de cimentación (López & Ramírez, 2022).

Componentes del Pavimento Rígido

El pavimento rígido se compone de las siguientes capas:

- ❑ Losa de concreto hidráulico: Es la capa superficial encargada de soportar directamente las cargas del tránsito. Se puede construir con concreto reforzado o simple, dependiendo de los requerimientos estructurales.
- ❑ Base de apoyo: Su función es proporcionar un soporte uniforme a la losa de concreto, reduciendo el riesgo de asentamientos diferenciales. Puede estar compuesta por material granular o concreto pobremente dosificado.
- ❑ Subrasante: Es la capa natural del suelo sobre la cual descansa la estructura del pavimento. Su compactación y resistencia son factores críticos para el desempeño del pavimento rígido (Fernández & Torres, 2022).

Tabla 3*Ventajas y desventajas del pavimento rígido.*

| Aspecto | Ventajas | Desventajas |
|--------------------------------|---|--|
| Durabilidad | Mayor vida útil (30 a 40 años) con menor mantenimiento. | Costo inicial de construcción más alto. |
| Mantenimiento | Menor frecuencia de mantenimiento en comparación con el pavimento flexible. | Rehabilitación costosa y compleja en caso de deterioro. |
| Resistencia estructural | Soporta cargas pesadas sin deformaciones significativas. | Sensible a cambios de temperatura, lo que puede generar fisuras. |
| Superficie de rodadura | Proporciona alta reflectividad y mejor visibilidad nocturna. | Menor confort para los usuarios debido a juntas de dilatación. |

Nota. Elaboración propia.

2.2.1.3 Comparación entre Pavimentos Flexibles y Rígidos

A la hora de seleccionar el tipo de pavimento para un proyecto vial, es fundamental analizar factores como el volumen de tránsito, los costos de inversión y mantenimiento, las condiciones climáticas y la disponibilidad de materiales. En general, los pavimentos flexibles son preferidos para carreteras de bajo y mediano tráfico, mientras que los pavimentos rígidos se utilizan en autopistas, aeropuertos y vías de alto tránsito debido a su mayor resistencia y durabilidad (González et al., 2021).

Ambos tipos de pavimentos están expuestos a cargas repetitivas del tránsito y a condiciones ambientales adversas, lo que conlleva un proceso de deterioro progresivo. Entre los principales factores que afectan la durabilidad de los pavimentos se encuentran:

- Carga vehicular: El paso constante de vehículos pesados puede generar fisuras y deformaciones en la estructura del pavimento.
- Acción del agua: La infiltración de agua en las capas inferiores puede debilitar la estructura del pavimento, generando asentamientos y fallas prematuras.
- Factores climáticos: Las variaciones de temperatura pueden provocar la contracción y expansión de los materiales, afectando la integridad estructural del pavimento.

2.2.2 Deterioros del pavimento

Los pavimentos, al estar expuestos a diversas condiciones ambientales y cargas vehiculares, sufren deterioros progresivos que afectan su funcionalidad y seguridad. Estas fallas pueden clasificarse según su tipo, severidad y extensión, siendo el resultado de múltiples factores como el tránsito repetitivo, la infiltración de agua, los cambios de temperatura y la calidad de los materiales utilizados en su construcción (Fernández & Torres, 2022).

Los deterioros en el pavimento pueden comprometer la estructura de la vía, aumentando los costos de mantenimiento y reduciendo su vida útil. La identificación temprana de estos fallos es esencial para la aplicación de estrategias de rehabilitación adecuadas que eviten daños mayores (López & Ramírez, 2021).

2.2.2.1 Fisuración por fatiga

Se caracteriza por la aparición de grietas interconectadas en la superficie del pavimento, formando un patrón similar a una piel de cocodrilo.

Causas:

- ✚ Aplicación repetitiva de cargas vehiculares sobre una estructura débil o mal diseñada.
- ✚ Materiales de baja calidad en la capa de rodadura.
- ✚ Deficiencias en la base o subrasante, que generan una distribución ineficiente de las cargas.

Consecuencias:

- ✚ Reducción de la resistencia estructural del pavimento.
- ✚ Mayor infiltración de agua, acelerando el deterioro del pavimento.

Solución:

- ✚ Refuerzo estructural mediante reciclado de la mezcla asfáltica o aplicación de capas de refuerzo.
- ✚ Uso de materiales con mayor resistencia a la fatiga en futuras rehabilitaciones (González et al., 2020).

Figura 1

Piel de cocodrilo.



Nota. Fisuras del pavimento flexible p33.

2.2.2.2 Fisuración longitudinal y transversal

Las fisuras longitudinales se desarrollan en la dirección del tránsito y suelen aparecer cerca de las juntas de construcción o a lo largo del eje de la vía.

Las fisuras transversales son perpendiculares al flujo vehicular y generalmente son causadas por cambios térmicos en la mezcla asfáltica.

Causas:

- ✚ Contracción y expansión térmica de la capa asfáltica debido a variaciones climáticas.
- ✚ Mala ejecución en la construcción del pavimento o deficiencias en las juntas de unión.

Consecuencias:

- ✚ Permiten la filtración de agua hacia las capas inferiores, debilitando la estructura del pavimento.
- ✚ Con el tiempo, pueden evolucionar hacia fisuración por fatiga si no se reparan.

Solución:

- ✚ Sellado de grietas con materiales elastoméricos para evitar la penetración de agua.
- ✚ Uso de mezclas asfálticas modificadas con polímeros para mejorar la resistencia térmica.

Figura 2

Fisura longitudinal en pavimento flexible.



Nota. Fisura longitudinal p12.

2.2.2.3 Hundimientos y Asentamientos Diferenciales

Se manifiestan como depresiones en la superficie del pavimento, afectando la comodidad y seguridad del tránsito.

Causas:

- ✚ Compactación insuficiente de la subrasante o base.
- ✚ Problemas de drenaje que generan erosión en las capas inferiores.
- ✚ Tránsito pesado constante en zonas con suelos de baja capacidad portante.

Consecuencias:

- ✚ Afectación en la geometría de la vía, aumentando el riesgo de acumulación de agua y aquaplaning.
- ✚ Mayor desgaste en las suspensiones de los vehículos.

Solución:

- ✚ Rehabilitación de la subrasante mediante técnicas de estabilización con cemento o cal.
- ✚ Implementación de sistemas de drenaje adecuados para evitar acumulación de humedad (Rodríguez & Pérez, 2019).

Figura 3

Deformaciones Plásticas.



Nota. Hundimientos en pavimento flexibles.

2.2.2.4 Desgaste Superficial

Pérdida progresiva de material en la capa de rodadura, afectando la textura y fricción del pavimento.

Causas:

- ✚ Acción abrasiva de los neumáticos sobre la mezcla asfáltica.
- ✚ Oxidación del ligante asfáltico debido a la exposición prolongada a los rayos UV.
- ✚ Uso de agregados de baja resistencia al desgaste.

Consecuencias:

- ✚ Reducción de la adherencia neumático-pavimento, aumentando el riesgo de accidentes.
- ✚ Mayor susceptibilidad a la formación de fisuras y baches.

Solución:

- ✚ Aplicación de tratamientos superficiales como microaglomerados en frío o slurry seals para restaurar la textura del pavimento.
- ✚ Uso de ligantes modificados con polímeros para mejorar la durabilidad de la capa de rodadura (Fernández & Torres, 2022).

2.2.2.5 Baches (Potholes)

Cavidades o depresiones circulares en la superficie del pavimento, generalmente con bordes irregulares.

Causas:

- ✚ Infiltración de agua en fisuras no selladas, debilitando las capas inferiores del pavimento.
- ✚ Acción combinada del tráfico y la pérdida de cohesión de la mezcla asfáltica.

Consecuencias:

- ✚ Representan un riesgo para la seguridad vial, ya que pueden causar daños en los vehículos o pérdida de control.
- ✚ Su propagación puede generar fallas estructurales más severas si no se reparan a tiempo.

Solución:

- ✚ Reparación inmediata mediante bacheo en frío o caliente, dependiendo de la severidad del daño.
- ✚ Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para reducir la aparición de baches (López & Ramírez, 2021).

2.2.2.6 Clasificación de las fallas según su severidad

Para priorizar la intervención en una vía deteriorada, las fallas pueden clasificarse en función de su severidad:

Tabla 4

Clasificación de fallas.

| Severidad | Características | Acción Recomendada |
|-----------------|--|---|
| Leve | Fisuras superficiales, desgaste mínimo, hundimientos menores. | Mantenimiento preventivo (sellado de fisuras, slurry seal). |
| Moderada | Aparición de baches, asentamientos diferenciales, fisuración por fatiga en etapa inicial. | Mantenimiento correctivo (bacheo, recapado asfáltico). |
| Severa | Fallas estructurales significativas, pérdida total de la capacidad portante del pavimento. | Rehabilitación completa o reconstrucción. |

Nota. Elaboración propia

El deterioro del pavimento es un proceso inevitable, pero su impacto puede ser mitigado mediante un adecuado programa de mantenimiento y rehabilitación. La correcta identificación de fallas permite determinar estrategias óptimas de intervención para mejorar la funcionalidad de las vías y garantizar la seguridad de los usuarios.

2.2.3 *Tránsito vehicular y su impacto en el pavimento*

El tránsito vehicular es uno de los principales factores que influyen en el deterioro del pavimento, especialmente en vías de alto tránsito, como las del distrito de San Miguel. La circulación constante de vehículos genera esfuerzos dinámicos sobre la estructura del pavimento, acelerando su desgaste y reduciendo su vida útil.

El impacto del tránsito en el pavimento depende de varios factores clave, tales como:

- ✚ **Volumen de tránsito:** La cantidad de vehículos que circulan diariamente por una vía afecta directamente la tasa de deterioro del pavimento. Vías con alto tráfico experimentan una mayor acumulación de esfuerzos, lo que puede generar fisuración y deformaciones prematuras (Fernández & Torres, 2022).
- ✚ **Tipo de vehículos:** Los vehículos pesados, como camiones y autobuses, producen mayores cargas sobre el pavimento en comparación con los vehículos livianos. Un camión de carga pesada puede generar un desgaste equivalente al de miles de automóviles ligeros, dependiendo de su peso y eje de carga (González et al., 2021).
- ✚ **Frecuencia de paso:** La repetición de cargas vehiculares en un mismo punto de la vía puede generar fallas estructurales, como fisuración por fatiga y formación de ahuellamientos. En zonas con alto flujo de tráfico, estas fallas pueden desarrollarse en menor tiempo (Rodríguez & Pérez, 2020).
- ✚ **Velocidad del tránsito:** La velocidad con la que circulan los vehículos influye en la magnitud del impacto sobre el pavimento. Un tránsito a alta velocidad genera esfuerzos dinámicos más agresivos, mientras que el tráfico lento puede provocar deformaciones plásticas debido a la carga sostenida sobre un mismo punto.

2.2.3.1 Efectos del Tránsito Vehicular en el Deterioro del Pavimento

El impacto del tránsito vehicular sobre el pavimento se manifiesta a través de diversos tipos de deterioro, tales como:

Fisuración por fatiga

- ✚ Se origina debido a la repetición constante de cargas vehiculares en la capa de rodadura.
- ✚ Se manifiesta en forma de grietas interconectadas con patrón de piel de cocodrilo.
- ✚ Se presenta con mayor frecuencia en vías con alto tránsito de vehículos pesados.

Deformaciones plásticas y ahuellamientos

- ✚ Ocurren en pavimentos flexibles cuando la mezcla asfáltica se compacta excesivamente bajo el peso de los vehículos.
- ✚ Se generan en las zonas de rodadura con tráfico pesado frecuente.
- ✚ Pueden acumular agua y aumentar el riesgo de accidentes por pérdida de adherencia.

Pulimiento de agregados y pérdida de textura

- ✚ Se produce por el desgaste de la capa superficial debido al paso repetitivo de los neumáticos.
- ✚ Reduce la fricción y la seguridad vial, aumentando el riesgo de derrapes.
- ✚ Se corrige mediante tratamientos superficiales, como microaglomerados en frío.

2.2.3.2 Importancia del monitoreo y mantenimiento de vías de alto tránsito

Las vías urbanas con alto tránsito requieren monitoreo y mantenimiento continuo para garantizar su funcionalidad y seguridad vial. Algunas estrategias para mitigar el impacto del tránsito en el pavimento incluyen:

- ✚ **Programas de conservación vial:** Implementar planes de mantenimiento preventivo y correctivo para minimizar el deterioro prematuro.
- ✚ **Refuerzo estructural del pavimento:** Utilizar mezclas asfálticas modificadas con polímeros o concreto de alta resistencia para mejorar la durabilidad en zonas de alto tráfico.

- ✚ **Control de sobrecarga vehicular:** Establecer normativas para regular el peso máximo permitido de los vehículos de carga y evitar daños excesivos en la infraestructura vial.
- ✚ **Monitoreo del estado del pavimento:** Utilizar tecnologías de inspección, como drones y sensores de deformación, para detectar fallas antes de que se conviertan en problemas mayores (López & Ramírez, 2021).

2.2.4 Metodologías de evaluación de pavimentos.

El análisis y evaluación de pavimentos es un proceso fundamental para determinar su estado actual y planificar estrategias de mantenimiento y rehabilitación.

Existen diversos métodos de evaluación, los cuales pueden clasificarse en:

- ✚ **Métodos destructivos:** Implican la extracción de muestras del pavimento para realizar pruebas de laboratorio, como ensayos de resistencia y fatiga. Aunque proporcionan datos detallados, suelen ser costosos y afectar la funcionalidad de la vía durante la toma de muestras.
- ✚ **Métodos no destructivos:** Permiten evaluar la condición del pavimento sin afectar su integridad estructural. Dentro de estos, uno de los más utilizados a nivel mundial por su practicidad, objetividad y bajo costo es el Manual Americano de Inspección Visual (PCI - ASTM D6433) (González et al., 2021).

2.2.5 Manual Americano de Inspección Visual (PCI – ASTM D6433)

El Manual Americano de Inspección Visual, también conocido como Pavement Condition Index (PCI) o ASTM D6433, establece un procedimiento estandarizado para evaluar la condición superficial del pavimento mediante inspección visual. Su metodología es ampliamente utilizada debido a su facilidad de aplicación, permitiendo identificar y clasificar diferentes tipos de deterioro en el pavimento de manera sistemática (Fernández & Torres, 2022).

2.2.5.1 Características Principales del PCI

El método PCI se basa en la identificación de fallas en el pavimento, las cuales se analizan según tres criterios fundamentales:

- Tipo de falla: Se determina qué tipo de deterioro presenta el pavimento, como fisuración, ahuellamiento, baches, entre otros.
- Nivel de severidad: Cada falla se clasifica en baja, media o alta, dependiendo del grado de afectación sobre la vía.
- Extensión o cantidad: Se mide la superficie afectada por la falla, permitiendo estimar su impacto global en la estructura del pavimento.

Con esta información se calcula el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual varía en una escala de 0 a 100:

- 100 representa una vía en perfecto estado.
- 0 indica que la vía está completamente deteriorada.

2.2.5.2 Clasificación del Pavimento según el PCI

Según el valor del PCI obtenido en la evaluación, el pavimento se clasifica en las siguientes categorías:

Tabla 5

Valores de calificación.

| Categoría | Rango de PCI | Condición del Pavimento |
|--------------------|--------------|---|
| Excelente | 85 - 100 | Pavimento en óptimas condiciones, sin deterioro visible. Solo requiere mantenimiento rutinario. |
| Bueno | 70 - 85 | Pequeñas fallas superficiales sin impacto estructural. Puede requerir mantenimiento preventivo. |
| Regular | 55 - 70 | Se presentan fisuras y desgaste moderado. Requiere intervenciones correctivas leves. |
| Malo | 40 - 55 | Deterioro significativo con múltiples fallas. Se recomienda mantenimiento correctivo urgente. |
| Muy malo | 25 - 40 | Pavimento severamente afectado con riesgo de colapso. Necesita rehabilitación mayor. |
| Falla total | < 25 | La vía está en condiciones intransitables. Se requiere reconstrucción completa. |

Nota. Manual Americano de Inspección Visual, PCI 2018.

2.2.5.3 Aplicaciones del método PCI en la gestión vial

El método PCI es una herramienta clave en la planificación del mantenimiento vial, ya que permite tomar decisiones técnicas basadas en el estado real del pavimento.

Sus principales aplicaciones incluyen:

Identificación de Necesidades de Mantenimiento

El PCI permite clasificar las vías según su nivel de deterioro y establecer estrategias de mantenimiento, tales como:

- Mantenimiento preventivo:** Aplicado a vías con PCI en rango bueno o regular, para prolongar su vida útil y evitar deterioros mayores. Incluye sellado de fisuras, microaglomerados y tratamiento de superficie.
- Mantenimiento correctivo:** Se emplea en pavimentos en condiciones malas o muy malas, donde ya existen fallas significativas. Incluye bacheo, fresado y recapado asfáltico.
- Rehabilitación o reconstrucción:** Aplicado en pavimentos con falla total, donde la estructura ha perdido su capacidad portante.

Priorización de Inversiones en Infraestructura Vial

Los organismos de gestión vial utilizan el PCI para determinar qué vías requieren intervención inmediata y optimizar el uso de recursos en proyectos de rehabilitación.

Monitoreo de la Evolución del Pavimento

Mediante inspecciones periódicas utilizando el PCI, es posible evaluar cómo evoluciona el deterioro del pavimento a lo largo del tiempo y ajustar las estrategias de conservación vial de manera proactiva.

2.2.5.4 Ventajas y Limitaciones del Método PCI

Ventajas

- Permite una evaluación rápida y económica del estado del pavimento.
- No requiere equipos costosos ni procedimientos invasivos.
- Facilita la toma de decisiones técnicas basadas en datos objetivos.
- Es aplicable a diferentes tipos de pavimentos (flexibles y rígidos).

Limitaciones

- No considera la capacidad estructural interna del pavimento, solo su condición superficial.
- Puede haber variabilidad en los resultados dependiendo del criterio del evaluador.
- No detecta fallas internas que aún no son visibles en la superficie.

2.2.5.5 Comparación del pci con otros métodos de evaluación de pavimentos.

Tabla 6

Comparativa entre métodos.

| Método | Tipo de Evaluación | Ventajas | Limitaciones |
|---|--------------------|---|---|
| PCI (ASTM D6433) | Inspección visual | Rápido y económico, fácil de aplicar | No evalúa la capacidad estructural interna |
| FWD (Falling Weight Deflectometer) | No destructivo | Evalúa la capacidad estructural del pavimento | Requiere equipos especializados y personal capacitado |
| Cores o Testigos | Destructivo | Proporciona datos detallados de resistencia y composición | Costoso y afecta la funcionalidad de la vía |
| GPR (Ground Penetrating Radar) | No destructivo | Permite evaluar fallas internas del pavimento | Requiere tecnología avanzada y procesamiento de datos |

Nota. Elaboración propia.

El Manual Americano de Inspección Visual (PCI - ASTM D6433) es una metodología ampliamente utilizada en la gestión vial, ya que permite evaluar de manera rápida y efectiva el estado superficial del pavimento. Su aplicación en la planificación de mantenimiento y rehabilitación vial es clave para optimizar recursos y garantizar la funcionalidad de las vías de alto tránsito, como las del distrito de San Miguel.

Aunque el PCI es una herramienta práctica y accesible, su combinación con otras técnicas de evaluación estructural, como el FWD o el GPR, puede proporcionar un análisis más completo del pavimento, permitiendo tomar decisiones más precisas para su conservación.

2.2.6 Propuesta de Intervención

Una vez determinado el estado superficial y estructural del pavimento a través del Índice de Condición del Pavimento (PCI) u otros métodos de evaluación, es posible proponer intervenciones adecuadas para garantizar la funcionalidad, seguridad y durabilidad de la vía.

Las estrategias de intervención se clasifican en tres niveles principales según la gravedad del deterioro identificado: mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico y rehabilitación o reconstrucción total (Fernández & Torres, 2022).

2.2.6.1 Mantenimiento Rutinario

Consiste en intervenciones menores y de bajo costo que tienen como objetivo preservar la integridad del pavimento y evitar el inicio o progresión de fallas. Se realizan de manera frecuente para conservar la vía en condiciones óptimas.

Aplicación: Se recomienda en pavimentos con PCI en rangos de bueno (70-85) o regular (55-70), donde las fallas son leves y superficiales.

Técnicas utilizadas:

- Limpieza y remoción de residuos: Eliminación de materiales sueltos y contaminantes que pueden acelerar el deterioro del pavimento.
- Sellado de fisuras: Aplicación de selladores elastoméricos en grietas menores para evitar la infiltración de agua y reducir el riesgo de propagación de fisuras (González et al., 2021).
- Mantenimiento de drenajes: Desobstrucción y limpieza de cunetas, alcantarillas y drenajes transversales para evitar acumulación de agua en la calzada.

Beneficios:

- Prolonga la vida útil del pavimento sin necesidad de inversiones mayores.
- Evita el desarrollo de fallas graves y reduce costos de mantenimiento a largo plazo.

2.2.6.2 Mantenimiento Periódico

Son intervenciones planificadas a mediano plazo, destinadas a corregir deterioros moderados antes de que evolucionen en fallas severas.

Aplicación: Se implementa en pavimentos con PCI en rango regular (55-70) o malo (40-55), donde ya existen deterioros visibles pero la estructura del pavimento sigue siendo funcional.

Técnicas utilizadas:

- Recapeo asfáltico (overlay): Aplicación de una nueva capa de mezcla asfáltica para restaurar la textura de la superficie y mejorar la capacidad estructural del pavimento.
- Bacheo: Relleno de cavidades y baches con mezcla asfáltica en caliente o en frío, dependiendo de la profundidad y severidad del daño.
- Fresado y rehabilitación superficial: Retiro de la capa deteriorada y aplicación de una nueva capa asfáltica para corregir deformaciones y mejorar la adherencia neumático-pavimento (Rodríguez & Pérez, 2020).

Beneficios:

- Mejora la calidad de la rodadura y la seguridad vial.
- Evita la propagación de fallas estructurales más costosas de reparar.

2.2.6.3 Rehabilitación o Reconstrucción Total

Intervención mayor aplicada cuando el pavimento ha alcanzado un nivel de deterioro crítico que compromete su funcionalidad y seguridad.

Aplicación: Se requiere en pavimentos con PCI en rango muy malo (25-40) o en falla total (<25), donde los deterioros son severos y la estructura ha perdido su capacidad portante.

Técnicas utilizadas:

- Reciclado de pavimento: Se reutiliza el material existente mediante técnicas de reciclado en frío o caliente para minimizar costos y reducir el impacto ambiental.
- Reforzamiento estructural: Incorporación de geotextiles, mallas de refuerzo o capas de estabilización para mejorar la capacidad portante de la vía.
- Reconstrucción total: Remoción completa del pavimento deteriorado y reconstrucción de una nueva estructura desde la subrasante hasta la capa de rodadura (López & Ramírez, 2021).

Beneficios:

- Restablece la funcionalidad del pavimento en condiciones críticas.
- Aumenta la vida útil de la vía y reduce la necesidad de mantenimientos frecuentes.

Tabla 7*Comparación de Estrategias de Intervención.*

| Estrategia | Condición del Pavimento (PCI) | Objetivo | Técnicas | Costo Relativo |
|--|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Mantenimiento rutinario | 70 - 100 (Bueno - Regular) | Preservar y prevenir fallas | Limpieza, sellado de fisuras | Bajo |
| Mantenimiento periódico | 55 - 70 (Regular - Malo) | Corregir deterioros moderados | Recapeo, bacheo, fresado | Medio |
| Rehabilitación o reconstrucción | < 55 (Malo - Falla total) | Restaurar completamente la vía | Reciclado, refuerzo, reconstrucción | Alto |

Nota. Propuesta de intervención en pavimentos mediante metodología PCI.

2.2.6.4 Factores a considerar para seleccionar una estrategia de intervención

- Índice de Condición del Pavimento (PCI):** Es la base para seleccionar el tipo de mantenimiento o rehabilitación requerido.
- Tipo y severidad de los deterioros:** Se priorizan intervenciones correctivas o reconstructivas según el nivel de daño identificado.
- Volumen y tipo de tráfico:** Las vías con alto tránsito pesado requieren soluciones más resistentes y duraderas.
- Condiciones climáticas:** En zonas con alta humedad o temperaturas extremas, se deben seleccionar materiales y técnicas que minimicen el deterioro acelerado.
- Disponibilidad de recursos:** La selección de la estrategia de intervención también dependerá del presupuesto y la viabilidad de ejecución.



2.3 Marco conceptual.

2.3.1 Condición superficial

La condición superficial del pavimento se refiere al estado visible de la capa superior de la vía. Evalúa el grado de deterioro mediante la observación de fisuras, baches, deformaciones u otras fallas. Su análisis permite conocer la funcionalidad y seguridad de una vía. Es fundamental para programar mantenimientos y extender la vida útil del pavimento.

2.3.2 Inspección visual

La inspección visual es una técnica no destructiva que consiste en observar y registrar las fallas presentes en la superficie del pavimento. Se realiza mediante recorridos sistemáticos en campo. Es un método rápido, económico y eficiente para evaluar el estado de las vías. Su aplicación permite clasificar la condición del pavimento y tomar decisiones técnicas.

2.3.3 Manual PCI

El Manual PCI (Pavement Condition Index) es una guía técnica desarrollada para evaluar la condición del pavimento mediante inspección visual. Establece criterios para identificar tipos de fallas, severidad y cantidad. Proporciona un índice numérico que refleja el estado general del pavimento. Es ampliamente usado a nivel internacional por su objetividad y precisión.

2.3.4 ASTM D6433

La norma ASTM D6433 es un estándar estadounidense que define el procedimiento para aplicar el método PCI en pavimentos. Establece los pasos para la inspección, clasificación y cálculo del índice de condición del pavimento. Su uso



garantiza uniformidad y confiabilidad en los resultados. Es una herramienta clave en la gestión del mantenimiento vial.

2.3.5 Fallas del pavimento

Las fallas del pavimento son defectos visibles que afectan la superficie de rodadura, como fisuras, baches, desprendimientos o deformaciones. Se originan por factores estructurales, climáticos o por el tráfico excesivo. Su identificación permite clasificar el nivel de deterioro. Conocerlas es esencial para planificar intervenciones técnicas adecuadas.

2.3.6 Vías de alto tránsito

Las vías de alto tránsito son aquellas que soportan un elevado flujo vehicular diario, especialmente de vehículos pesados. Este tipo de tráfico genera un desgaste acelerado en el pavimento. Requieren evaluaciones frecuentes y mantenimiento oportuno para preservar la seguridad y eficiencia del transporte. Su análisis es prioritario en zonas urbanas densamente pobladas.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación

La investigación actual se desarrolla con un enfoque no experimental, conforme a la caracterización de Baptista, Hernández y Fernández (2010), quienes señalan que este tipo de estudio se basa en observar las circunstancias que ya existen sin intervenir en ellas ni alterarlas. En consecuencia, este trabajo adopta un diseño no experimental de tipo transversal, centrado en evaluar el estado presente del pavimento sin modificar sus condiciones actuales.

3.2 Método de la Investigación

La metodología de investigación constituye un enfoque organizado para la recopilación y el análisis de datos, facilitando la resolución de preguntas de investigación o la verificación de hipótesis mediante enfoques cualitativos, cuantitativos o mixtos. Este estudio emplea un método científico basado en un proceso estructurado y sistemático para identificar y analizar problemas de manera rigurosa (Reyes, 2022).



3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la Investigación

De acuerdo con Morales y Baca (2021), los niveles de investigación se refieren a la profundidad de análisis en un estudio, y pueden clasificarse en exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo, según los objetivos planteados. Este estudio se sitúa en los niveles descriptivo y explicativo. A través del nivel descriptivo, se busca identificar y caracterizar el estado actual del pavimento empleando el Índice de Condición del Pavimento (PCI), detallando su situación actual. Por otro lado, el nivel explicativo examinará factores que contribuyen al deterioro, como el clima, la carga vehicular y la calidad de los materiales, con el fin de sugerir mejoras para la infraestructura vial.

3.3.2 Tipo de la investigación

Según Gómez y Pérez (2022), "los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación son complementarios; el primero se centra en la medición de variables, mientras que el segundo busca interpretar fenómenos." La investigación mixta combina estos enfoques, fortaleciendo así los hallazgos obtenidos. Este estudio adopta una investigación aplicada, con el propósito de resolver un problema concreto vinculado a la infraestructura vial de alto tránsito en el distrito de San Miguel. Su objetivo es ofrecer una solución técnica práctica, diseñada para implementarse en un contexto real, brindando beneficios tangibles a la comunidad.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Hernández Sampieri et al. (2020) describen la población como "el conjunto completo de elementos que cumplen con ciertos criterios definidos." Este grupo puede incluir individuos, objetos, instituciones o sucesos, en función del objetivo del estudio.

Para esta investigación, la población se compone de todas las vías pavimentadas de alto tráfico en el distrito de San Miguel.

3.4.2 Muestra

Según Kerlinger y Lee (2021), una muestra es “un subconjunto seleccionado de la población que, para permitir la generalización de los resultados, debe reflejar sus características.” Para este estudio, se ha elegido como muestra un segmento de 1.18 km de la Av. 3 de Octubre, una vía clave en la zona urbana del distrito de San Miguel.

3.4.3 Técnicas e Instrumentos

3.4.3.1 Técnicas

Para evaluar la condición superficial del pavimento en los tramos viales seleccionados, se aplicará la técnica de inspección visual, basada en el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI - ASTM D6433). Este procedimiento permite identificar y clasificar los diferentes tipos de deterioro presentes en la superficie de rodadura, determinando su severidad y extensión con el fin de establecer estrategias de mantenimiento y rehabilitación adecuadas.

1. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual consistirá en el recorrido sistemático del tramo vial, donde se realizará un levantamiento detallado de las fallas observadas. Se seguirán los siguientes pasos:

Segmentación de la vía en unidades de análisis:

- Se dividirá la vía en tramos homogéneos de longitud determinada (usualmente de 50 a 100 metros) para facilitar el registro de datos.
- Cada tramo será evaluado de manera independiente para identificar variaciones en el deterioro del pavimento.

Identificación de fallas presentes:

- Se registrarán los distintos tipos de deterioro observados, tales como fisuración por fatiga, fisuras longitudinales y transversales, baches, ahuellamientos, desprendimiento de agregados, entre otros.
- Se utilizarán fichas técnicas estandarizadas para el registro de datos.

Evaluación de severidad:

Cada falla identificada será clasificada en uno de los siguientes niveles de severidad:

- Baja: Falla incipiente con poco impacto en la funcionalidad del pavimento.
- Media: Deterioro moderado que afecta la comodidad del usuario y puede evolucionar a fallas más graves.
- Alta: Falla severa que compromete la seguridad vial y requiere intervención inmediata.

Medición de la extensión de la falla:

- Se cuantificará el área afectada dentro de cada tramo vial, expresada en metros cuadrados o porcentaje del área total de la calzada.
- Para fallas lineales (como fisuras), se medirá su longitud en metros.

Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI):

- Con los datos recolectados, se aplicará la metodología de ASTM D6433 para calcular el PCI de cada tramo.
- La calificación final permitirá determinar si el pavimento requiere mantenimiento preventivo, correctivo o rehabilitación.

2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA INSPECCIÓN VISUAL

- Plantillas y fichas de inspección para el registro detallado de cada falla.
- Cinta métrica o distanciómetro para medir la longitud y extensión de las fisuras y baches.
- Reglas y calibradores para determinar el ancho y profundidad de deterioros como ahuellamientos o desprendimiento de agregados.
- Cámaras fotográficas y drones para documentar el estado del pavimento en cada tramo evaluado.

- Software de procesamiento de datos para analizar la información obtenida y generar reportes de condición del pavimento.

3.4.3.2 Instrumentos.

Para llevar a cabo la inspección visual del pavimento y calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI) según la norma ASTM D6433, se emplearán diversos instrumentos que permitirán la recolección, análisis y documentación de los datos obtenidos en campo.

1. Ficha de Inspección PCI (ASTM D6433)

El principal instrumento será la ficha de inspección PCI, un formato estructurado basado en la metodología ASTM D6433, diseñado para registrar de manera precisa los tipos de fallas, su severidad y extensión en cada tramo vial evaluado.

La ficha de inspección incluirá los siguientes parámetros:

- Identificación del tramo: Código, ubicación y longitud del segmento evaluado.
- Tipos de fallas presentes: Fisuración por fatiga, baches, ahuellamientos, desprendimiento de agregados, entre otros.
- Clasificación de severidad: Baja, media o alta, según el grado de deterioro.
- Medición de la extensión afectada: Expresada en porcentaje del área del pavimento o en metros cuadrados.
- Observaciones generales: Condiciones adicionales como la presencia de agua estancada, deformaciones visibles o signos de desgaste avanzado.

2. Instrumentos de Medición y Registro

Además de la ficha de inspección PCI, se utilizarán herramientas auxiliares para mejorar la precisión de la evaluación y la documentación de los hallazgos en campo.

Entre estos instrumentos se incluyen:

a) Herramientas de Medición

- Cinta métrica y distanciómetro láser: Para medir la longitud y el ancho de grietas, baches y deformaciones en la superficie del pavimento.
- Reglas y calibradores: Para determinar la profundidad de ahuellamientos y fisuras.

- ❑ Niveles y clinómetros: Para medir pendientes y evaluar deformaciones longitudinales y transversales en la calzada.

b) Dispositivos de Documentación y Análisis

- ❑ Cámara fotográfica de alta resolución: Para capturar evidencia visual de las fallas detectadas, permitiendo un análisis posterior más detallado.
- ❑ Drones con sensores ópticos: Para obtener imágenes aéreas de los tramos evaluados, facilitando la identificación de patrones de deterioro en grandes superficies.
- ❑ Software de análisis de pavimentos: Aplicaciones especializadas que permiten digitalizar los datos obtenidos, calcular automáticamente el PCI y generar reportes gráficos sobre el estado del pavimento.

3. Importancia de los Instrumentos en la Evaluación del Pavimento

El uso de estos instrumentos permitirá obtener un diagnóstico preciso y detallado de la condición del pavimento, optimizando el proceso de toma de decisiones para la planificación del mantenimiento y rehabilitación vial.

- ✚ Precisión en la evaluación: El uso de herramientas de medición y registro minimiza errores en la identificación y cuantificación de fallas.
- ✚ Optimización del análisis: La digitalización de datos mediante software permite procesar la información de manera más rápida y eficiente.
- ✚ Mejor documentación: Las fotografías y registros visuales facilitan la comparación del estado del pavimento en diferentes periodos de tiempo, permitiendo evaluar la evolución del deterioro.

3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos

En relación con este tema en particular, hemos puesto a su disposición la secuencia que se describe a continuación para su consideración. Todo este estudio se

llevó a cabo de acuerdo con este enfoque particular para lograr los objetivos que se establecieron.

3.5.1 Desarrollo del plan de investigación

ETAPA I: EXPLORACIÓN DE INFORMACION

El proceso comienza con la recopilación de datos relevantes, incluyendo la revisión de tesis, artículos, libros y normativas necesarias para el estudio.

ETAPA II: UBICACIÓN DE LA VIA.

Av. 3 de octubre, del Distrito de San Miguel.

Figura 4

Localización de la carretera.



Nota. Google maps 2024.

Tabla 8*Progresiva de los tramos analizados.*

| DESCRIPCION | PROGRESIVA |
|-------------|---------------------|
| TRAMO 1 | Km 0+000 – Km 0+100 |
| TRAMO 2 | Km 0+100 - Km 0+200 |
| TRAMO 3 | Km 0+200 - Km 0+300 |
| TRAMO 4 | Km 0+300 - Km 0+400 |
| TRAMO 5 | Km 0+400 - Km 0+500 |
| TRAMO 6 | Km 0+500 - Km 0+600 |
| TRAMO 7 | Km 0+600 - Km 0+700 |
| TRAMO 8 | Km 0+700 - Km 0+800 |
| TRAMO 9 | Km 0+800 - Km 0+900 |
| TRAMO 10 | Km 0+900 - Km 1+000 |
| TRAMO 11 | Km 1+000 - Km 1+100 |
| TRAMO 12 | Km 1+100 - Km 1+180 |

Nota. Elaboración propia

ETAPA III: PROCEDIMIENTO METODOLOGÍA PCI

El mantenimiento y conservación de las infraestructuras viales son fundamentales para garantizar una movilidad eficiente y segura. La evaluación periódica del estado del pavimento permite identificar deficiencias y planificar estrategias de intervención adecuadas. Un sistema de gestión eficaz debe basarse en indicadores objetivos que reflejen el nivel de deterioro y ayuden a optimizar los recursos disponibles.

Entre los métodos más reconocidos a nivel internacional se encuentra el Índice de Condición del Pavimento (PCI, Pavement Condition Index), el cual permite medir el estado superficial de una vía mediante una inspección visual detallada. Este índice, con valores entre 0 y 100, es una referencia clave para la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción.

En este estudio, se emplea la metodología descrita en la norma ASTM D6433-20, la cual establece lineamientos específicos para evaluar pavimentos flexibles. A través de este enfoque, se lleva a cabo una caracterización detallada de los deterioros observados y se presentan alternativas de intervención que permitan mejorar la calidad de las vías en el distrito de San Miguel.

Selección del área de estudio y criterios de muestreo

La delimitación del área de estudio es un aspecto crucial para garantizar la precisión y representatividad de los resultados obtenidos. Para este análisis, se consideraron tramos estratégicos de pavimento flexible en vías de alto tránsito, los cuales fueron seleccionados con base en criterios específicos.

- ✚ Factores de selección: Se escogieron segmentos con características homogéneas en términos de volumen vehicular, antigüedad del pavimento y antecedentes de mantenimiento. Esto permite obtener datos comparables y reducir variaciones en los resultados.
- ✚ Segmentación en unidades de análisis: Cada tramo se divide en secciones de 100 m², siguiendo las especificaciones de la ASTM D6433-20. Esta subdivisión facilita la identificación de patrones de deterioro y contribuye a una evaluación más detallada.
- ✚ Técnica de muestreo: Se adopta un enfoque estratificado por zonas críticas, garantizando la cobertura de áreas con mayor exposición al desgaste, como intersecciones, carriles de tráfico pesado y curvas pronunciadas.

Procedimiento de Inspección Visual

La inspección visual del pavimento es un método no destructivo que permite diagnosticar el estado de la superficie sin afectar su estructura. En esta etapa, se documentan los deterioros presentes y se les asigna una categoría según su severidad y extensión.

Principales defectos evaluados:

- ✚ Fisuras por fatiga → Patrón de grietas interconectadas que indica fallas estructurales por cargas repetitivas.
- ✚ Grietas longitudinales y transversales → Se generan debido a esfuerzos térmicos o deficiencias en la base.
- ✚ Baches y desprendimientos → Representan pérdida de material superficial, afectando la seguridad y el confort de la vía.
- ✚ Erosión del agregado → Se manifiesta como una pérdida progresiva de la capa superficial debido a factores ambientales y de tránsito.

- ✚ Deformaciones plásticas (ahuellamiento) → Surcos o depresiones causadas por cargas pesadas y compactación deficiente.
- ✚ Exudación de asfalto → Fenómeno en el cual el ligante asfáltico aflora a la superficie, generando problemas de adherencia.

Cada falla se clasifica en función de su impacto sobre la funcionalidad de la vía y se cuantifica en términos de área afectada.

Determinación del PCI y Clasificación del Pavimento

Una vez concluida la inspección visual, se procede a calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cada unidad de muestra. Este indicador se obtiene restando los valores de deducción de deterioro al puntaje inicial de 100, utilizando tablas y ecuaciones establecidas en la ASTM D6433-20.

Los valores de PCI obtenidos permiten clasificar el estado del pavimento en las siguientes categorías:

- ✚ 86 - 100 (Óptimo) → Sin deterioros significativos, no requiere intervención.
- ✚ 71 - 85 (Bueno) → Presenta deterioros superficiales menores, con necesidad de mantenimiento preventivo.
- ✚ 56 - 70 (Regular) → Se observan daños moderados que requieren reparaciones correctivas.
- ✚ 41 - 55 (Deficiente) → Se requieren medidas de rehabilitación parcial para evitar fallas estructurales.
- ✚ 26 - 40 (Crítico) → Condición deteriorada con necesidad de rehabilitación mayor.
- ✚ 0 - 25 (Colapsado) → Pavimento en estado de fallo total, requiere reconstrucción integral.

El promedio de PCI por tramo permite identificar las áreas con mayor prioridad de intervención y establecer estrategias de mantenimiento basadas en evidencia técnica.

Interpretación de los Resultados y Recomendaciones de Intervención

El análisis de los datos obtenidos permite identificar tendencias en el deterioro del pavimento y proponer soluciones eficientes para su conservación.

Evaluación de patrones de daño: Se identifican las zonas con mayor incidencia de fallas y sus posibles causas, como tráfico pesado, drenaje deficiente o materiales inadecuados.

Clasificación de los tramos viales: Se establecen prioridades de intervención según el nivel de deterioro identificado en cada sección evaluada.

Estrategias de mantenimiento recomendadas:

- ✚ Mantenimiento rutinario → Aplicación de selladores de grietas y limpieza superficial para prevenir el avance del deterioro.
- ✚ Reparaciones menores → Fresado y recapeo en tramos con daños superficiales moderados.
- ✚ Rehabilitación parcial → Reemplazo de capas asfálticas en sectores con deterioro severo.
- ✚ Reconstrucción total → Para tramos en estado crítico, donde el PCI indica colapso estructural.

3.5.2 Procesamiento de datos

El primer paso para lograr esto es crear tablas detalladas categorizadas según los signos de deterioro del pavimento identificados. A continuación, utilizaremos software especializado para automatizar los cálculos y crear representaciones visuales, como gráficos de barras y diagramas de dispersión. Esto nos permitirá analizar las tendencias y patrones de deterioro de forma más visual. Gracias a que empleamos procedimientos estadísticos basados en metodologías fiables y robustas, podemos analizar los datos con precisión. Como resultado, los datos se presentarán de forma accesible y comprensible, lo que facilitará la comprensión y la toma de decisiones.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

La vía, que cuenta con una longitud total de 1,18 kilómetros y un ancho de 14 metros, fue cuidadosamente dividida en 12 tramos de 100 metros de extensión cada uno. Esta segmentación se implementó con el fin de realizar una inspección exhaustiva y precisa de cada sección de la carretera, lo cual permite abordar el análisis de manera estructurada. Cada subtramo fue evaluado individualmente para identificar tanto el tipo como la frecuencia de las fallas, observando aspectos específicos como grietas, deformaciones y otros signos de deterioro que pueden comprometer la calidad de la superficie de rodamiento. Esta metodología no solo facilita la detección temprana de patrones de fallas recurrentes en la infraestructura, sino que también permite recopilar datos precisos sobre las condiciones de cada segmento, lo que resulta esencial para planificar futuras intervenciones de mantenimiento. Además, este enfoque detallado garantiza que las reparaciones o tratamientos se realicen en las áreas que realmente lo requieran, optimizando recursos y maximizando la durabilidad de la vía en su conjunto.

4.1.1 Fallas y grado de severidad, según el manual americano de inspección visual en vías de alto tránsito

Tabla 9

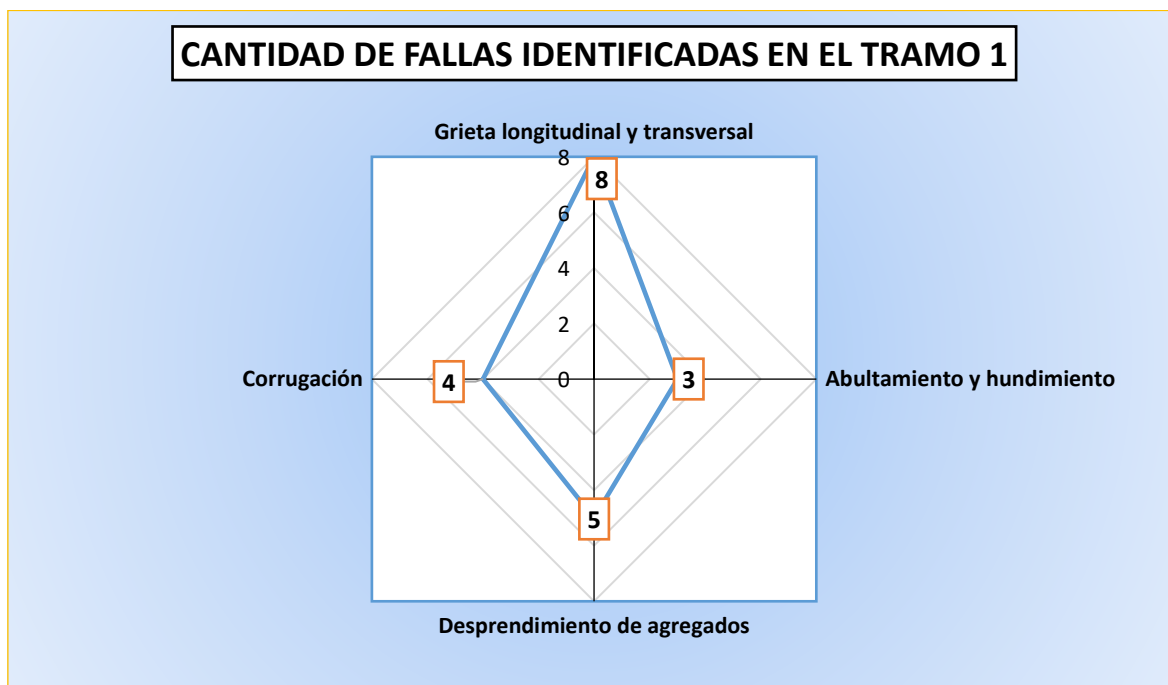
Fallas y grado de severidad en tramo 1, Progresiva 0+000 - 0+100.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|--|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 8 | 20 |
| Abultamiento y hundimiento | Alta | 3 | 15 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 5 | 12 |
| Corrugación | Baja | 4 | 10 |

En las progresivas 0+000 y 0+100, se identifican fallas como grietas, abultamientos, desprendimiento de agregados y corrugación, con severidades variadas y áreas afectadas entre 10 y 20 m².

Figura 5

Cantidad de fallas identificadas en tramo 1.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 1, destacando cinco tipos: grieta longitudinal y transversal (8), abultamiento y hundimiento (3), desprendimiento de agregados (5), corrugación (4) y corrosión (5).

Tabla 10

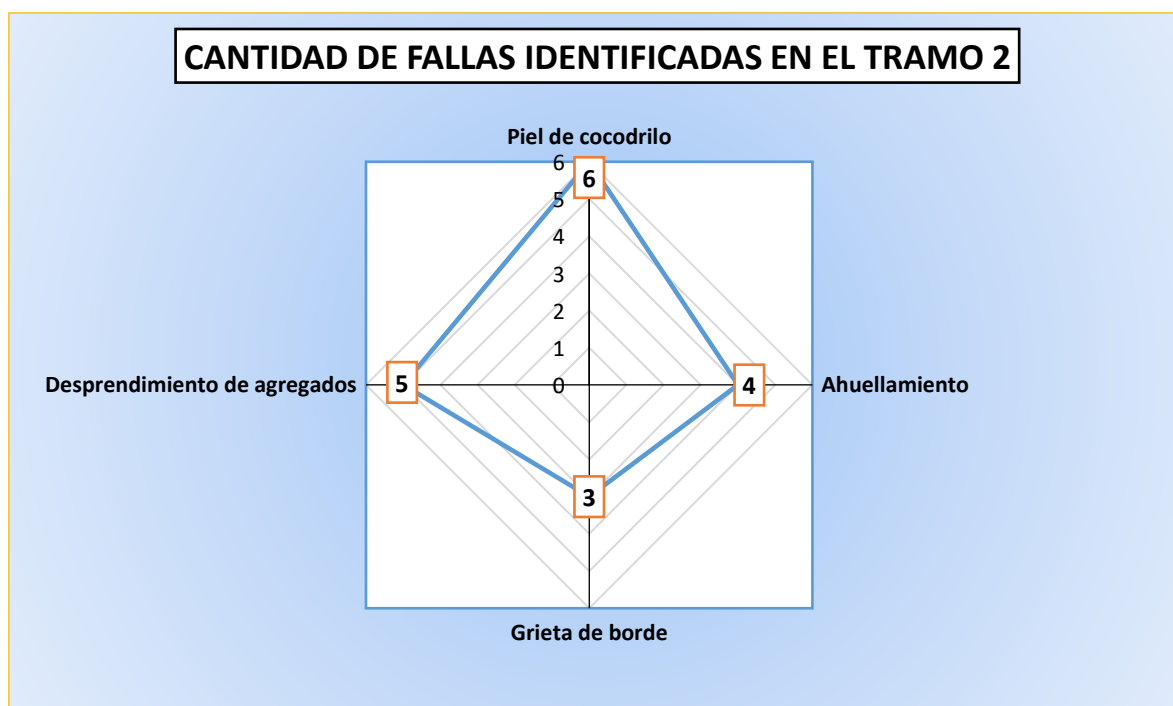
Fallas y grado de severidad en tramo 2, Progresiva 0+100 - 0+200.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|-------------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|
| Piel de cocodrilo | Media | 6 | 18 |
| Ahuellamiento | Alta | 4 | 20 |
| Grieta de borde | Baja | 3 | 8 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 5 | 12 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 2, entre las progresivas 0+100 y 0+200, con información sobre severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen piel de cocodrilo, ahuellamiento, grieta de borde y desprendimiento de agregados, con severidades que varían de baja a alta y áreas afectadas entre 8 y 20 m².

Figura 6

Cantidad de fallas identificadas en tramo 2.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 2, con los siguientes tipos y cantidades: piel de cocodrilo (6), ahuellamiento (4), desprendimiento de agregados (5) y grieta de borde (3). La falla más común en este tramo es la piel de cocodrilo.

Tabla 11

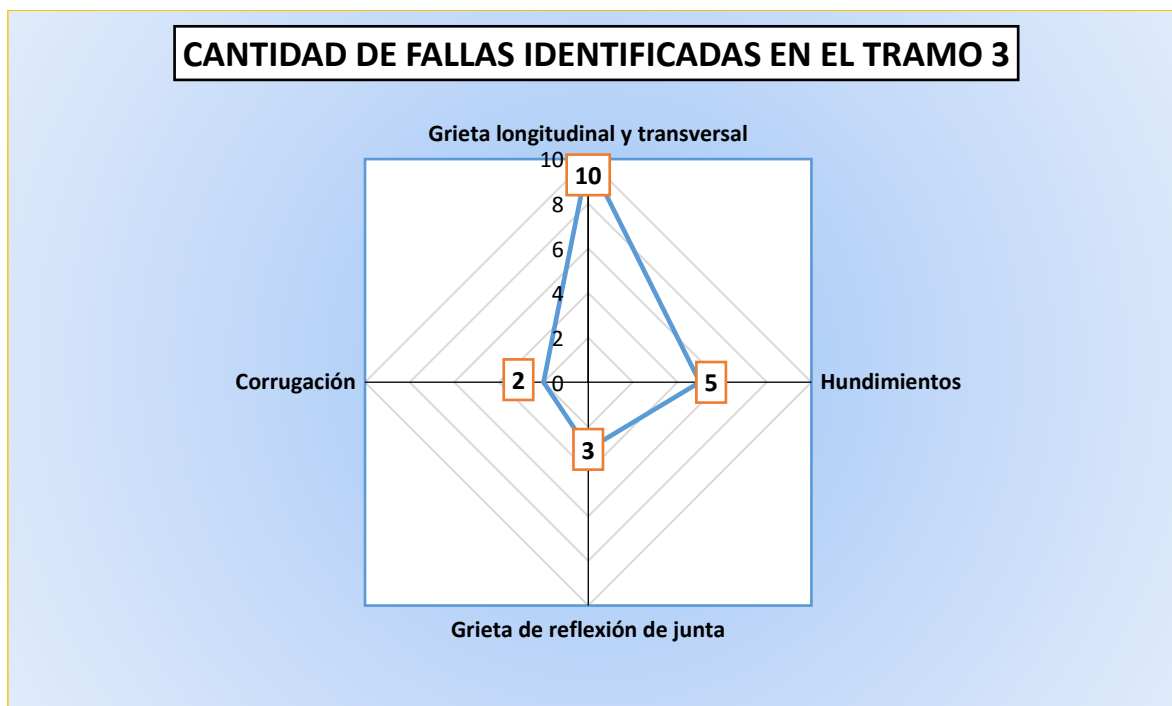
Fallas y grado de severidad en tramo 3, Progresiva 0+200 - 0+300.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|-----------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 10 | 25 |
| Hundimientos | Alta | 5 | 20 |
| Grieta de reflexión de junta | Media | 3 | 12 |
| Corrugación | Alta | 2 | 15 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 3, entre las progresivas 0+200 y 0+300, incluyendo la severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas reportadas son grieta longitudinal y transversal, hundimientos, grieta de reflexión de junta y corrugación, con severidades media y alta, afectando áreas de 12 a 25 m².

Figura 7

Cantidad de fallas identificadas en tramo 3.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 3, destacando los siguientes tipos y cantidades: grieta longitudinal y transversal (10), hundimientos (5), grieta de reflexión de junta (3) y corrugación (2). La grieta longitudinal y transversal es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 12

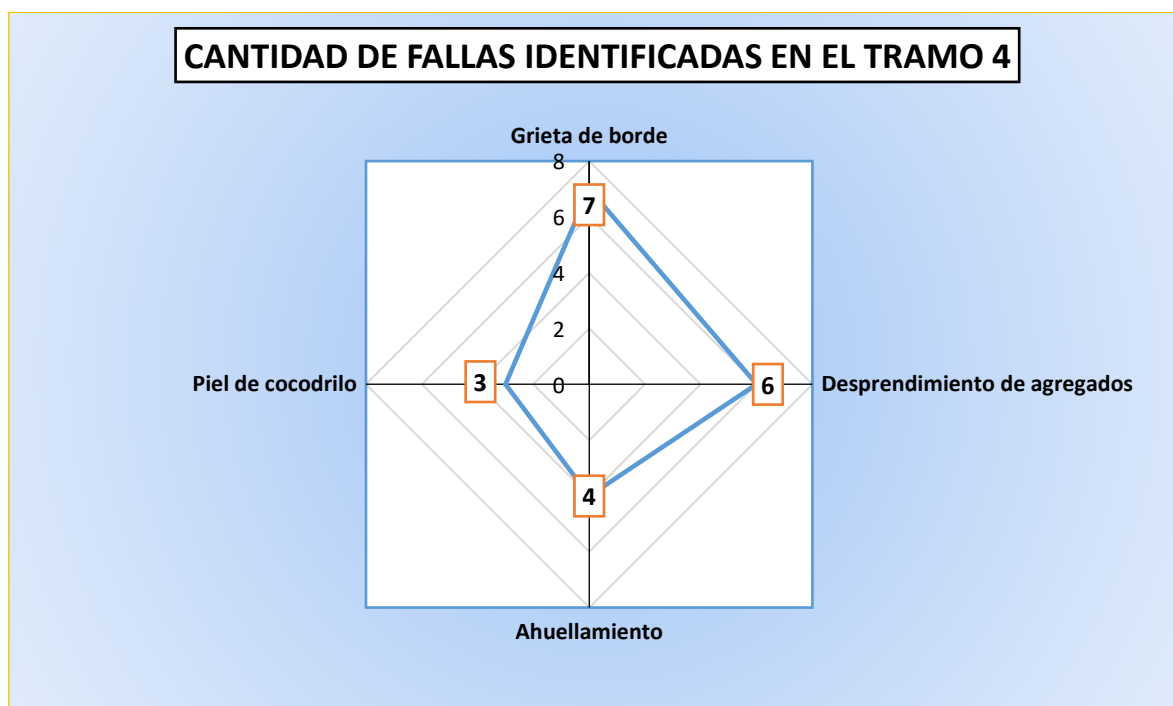
Fallas y grado de severidad en tramo 4, Progresiva 0+300 - 0+400.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|-------------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta de borde | Media | 7 | 22 |
| Desprendimiento de agregados | Alta | 6 | 18 |
| Ahuellamiento | Media | 4 | 14 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 3 | 12 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 4, entre las progresivas 0+300 y 0+400, con detalles de severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta de borde, desprendimiento de agregados, ahuellamiento y piel de cocodrilo, con severidades media y alta, afectando áreas de 12 a 22 m².

Figura 8

Cantidad de fallas identificadas en tramo 4.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 4, con los siguientes tipos y cantidades: grieta de borde (7), desprendimiento de agregados (6), ahuellamiento (4) y piel de cocodrilo (3). La grieta de borde es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 13

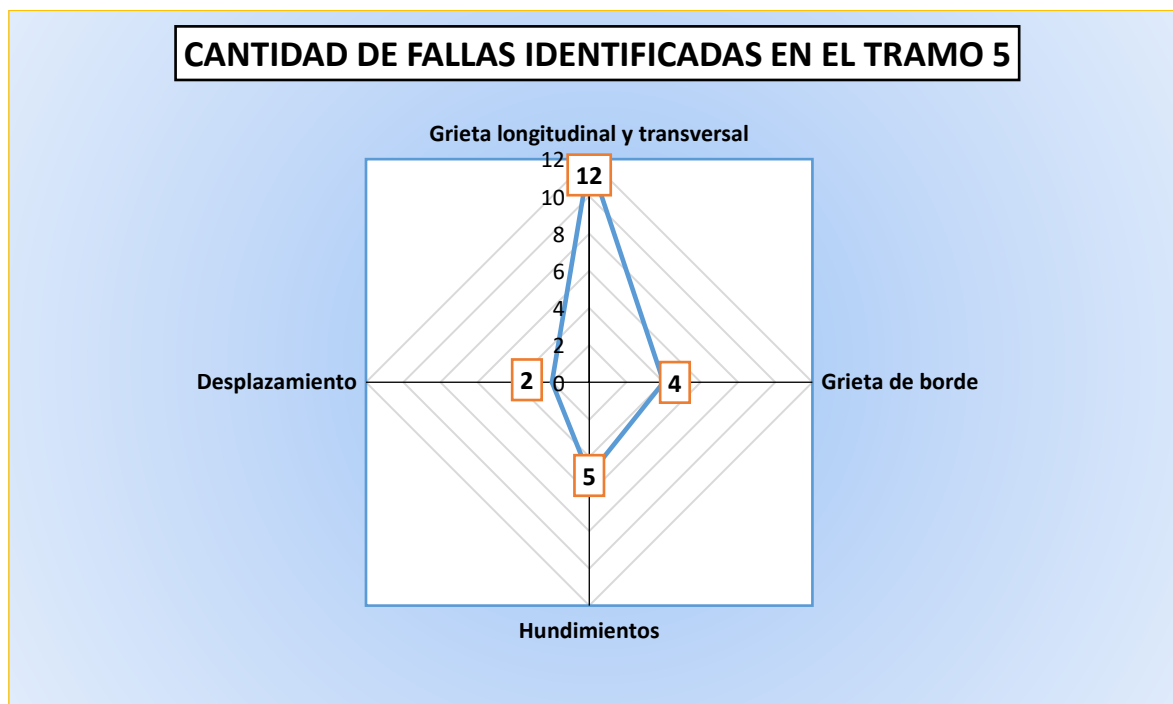
Fallas y grado de severidad en tramo 5, Progresiva 0+400 - 0+500.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|--|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Baja | 12 | 30 |
| Grieta de borde | Alta | 4 | 25 |
| Hundimientos | Media | 5 | 15 |
| Desplazamiento | Alta | 2 | 10 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 5, entre las progresivas 0+400 y 0+500, indicando la severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta longitudinal y transversal, grieta de borde, hundimientos y desplazamiento, con severidades de baja a alta y áreas afectadas que van de 10 a 30 m².

Figura 9

Cantidad de fallas identificadas en tramo 5.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 5, con las siguientes cantidades: grieta longitudinal y transversal (12), hundimientos (5), grieta de borde (4) y desplazamiento (2). La grieta longitudinal y transversal es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 14

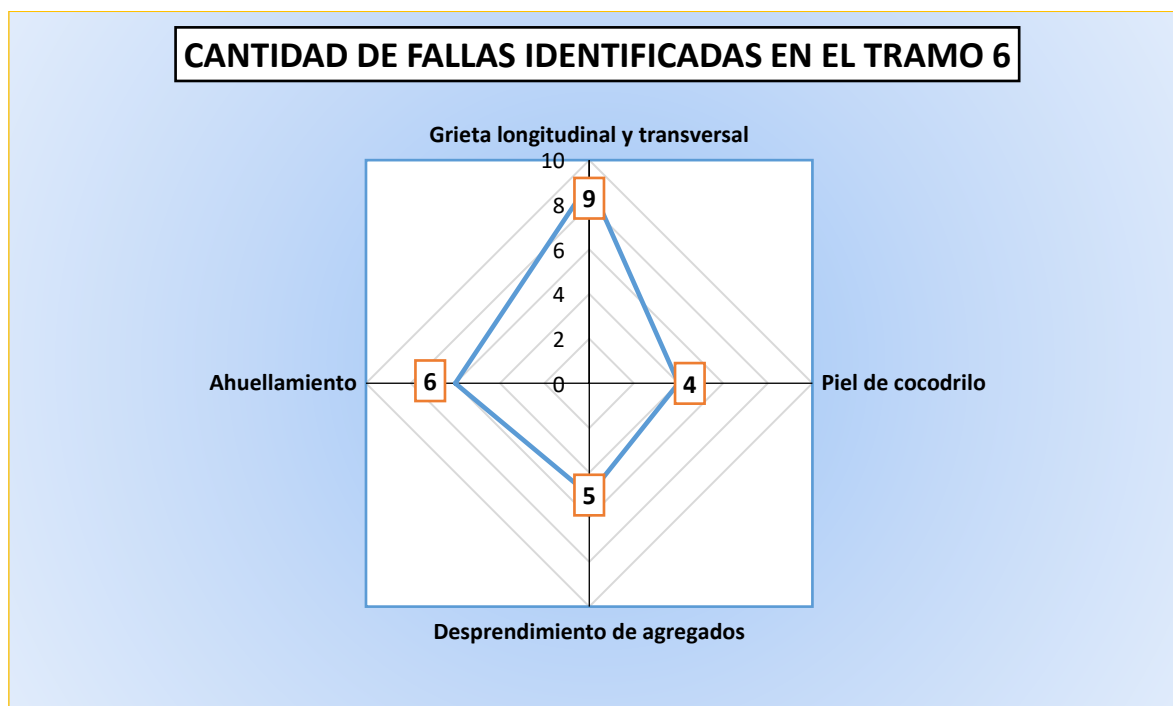
Fallas y grado de severidad en tramo 6, Progresiva 0+500 - 0+600.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|-----------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 9 | 28 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 4 | 15 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 5 | 10 |
| Ahuellamiento | Media | 6 | 18 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 6, entre las progresivas 0+500 y 0+600, detallando la severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y ahuellamiento, con severidades media y alta, afectando áreas entre 10 y 28 m².

Figura 10

Cantidad de fallas identificadas en tramo 6.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 6, destacando las siguientes cantidades: grieta longitudinal y transversal (9), ahuellamiento (6), desprendimiento de agregados (5) y piel de cocodrilo (4). La grieta longitudinal y transversal es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 15

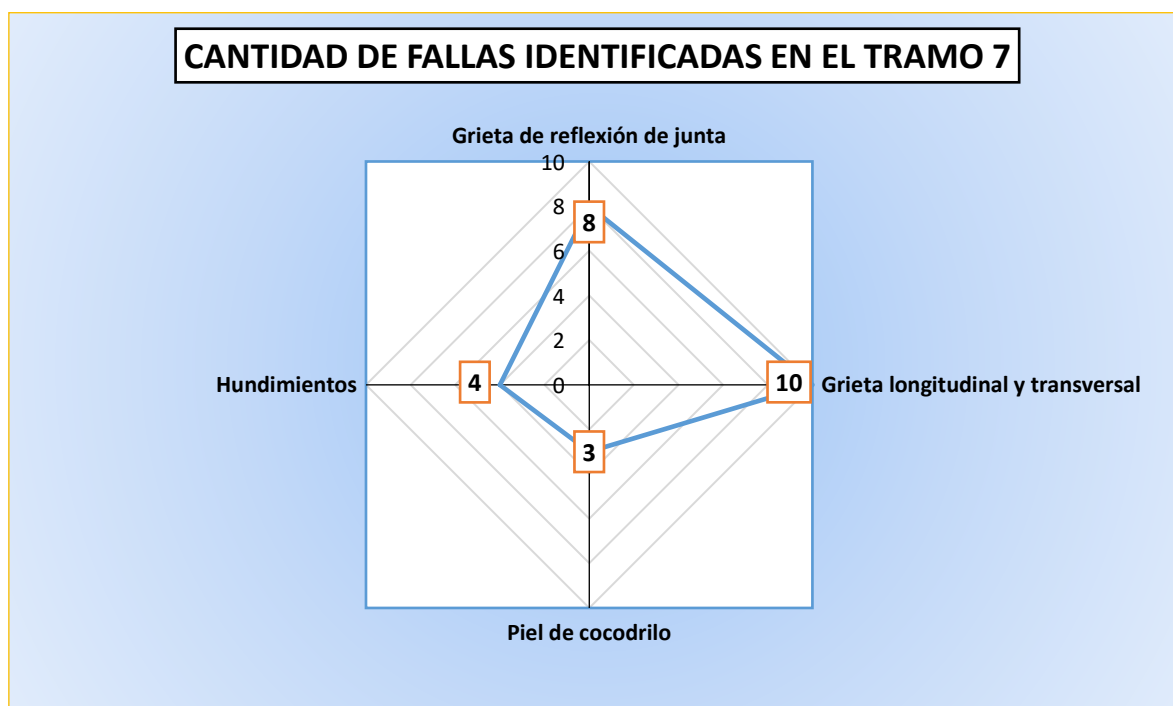
Fallas y grado de severidad en tramo 7, Progresiva 0+600 - 0+700.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|--|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta de reflexión de junta | Media | 8 | 25 |
| Grieta longitudinal y transversal | Baja | 10 | 22 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 3 | 20 |
| Hundimientos | Media | 4 | 14 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 7, entre las progresivas 0+600 y 0+700, detallando severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas reportadas son grieta de reflexión de junta, grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo y hundimientos, con severidades de baja a alta, afectando áreas de 14 a 25 m².

Figura 11

Cantidad de fallas identificadas en tramo 7.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 7, con las siguientes cantidades: grieta longitudinal y transversal (10), grieta de reflexión de junta (8), hundimientos (4) y piel de cocodrilo (3). La grieta longitudinal y transversal es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 16

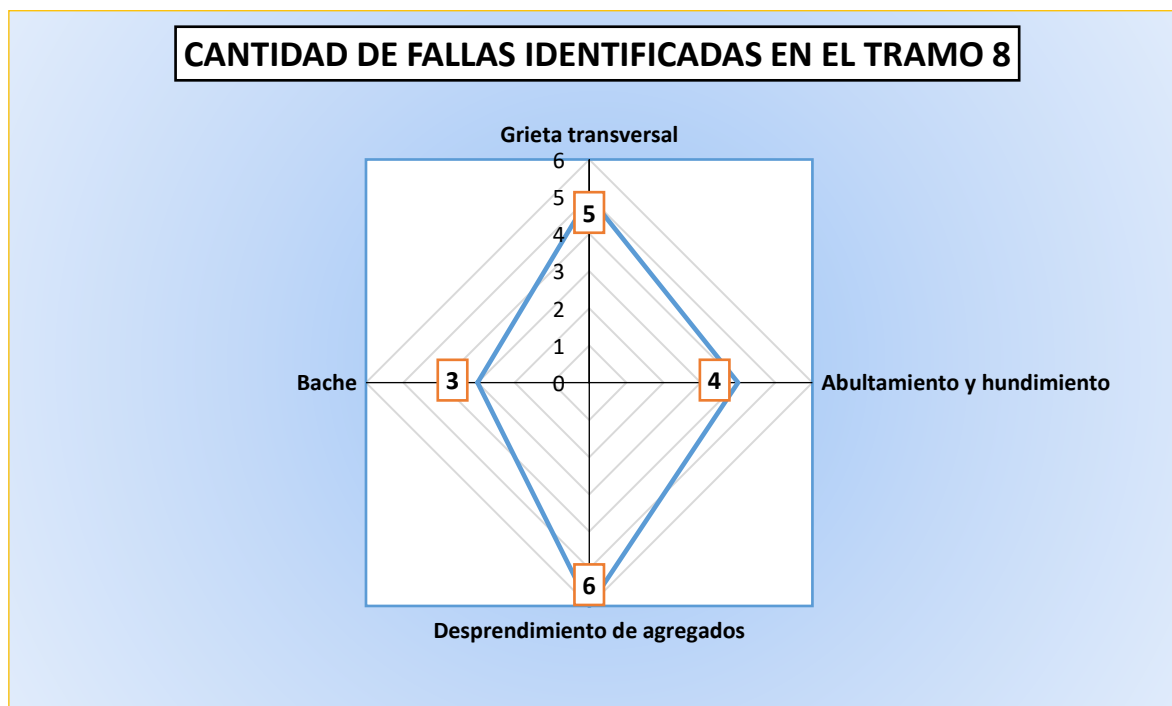
Fallas y grado de severidad en tramo 8, Progresiva 0+700 - 0+800.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|-------------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta transversal | Media | 5 | 20 |
| Abultamiento y hundimiento | Baja | 4 | 12 |
| Desprendimiento de agregados | Alta | 6 | 18 |
| Bache | Media | 3 | 10 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 8, entre las progresivas 0+700 y 0+800, indicando la severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta transversal, abultamiento y hundimiento, desprendimiento de agregados y bache, con severidades de baja a alta, afectando áreas de 10 a 20 m².

Figura 12

Cantidad de fallas identificadas en tramo 8.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 8, con las siguientes cantidades: grieta transversal (5), desprendimiento de agregados (6), abultamiento y hundimiento (4) y bache (3). El desprendimiento de agregados es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 17

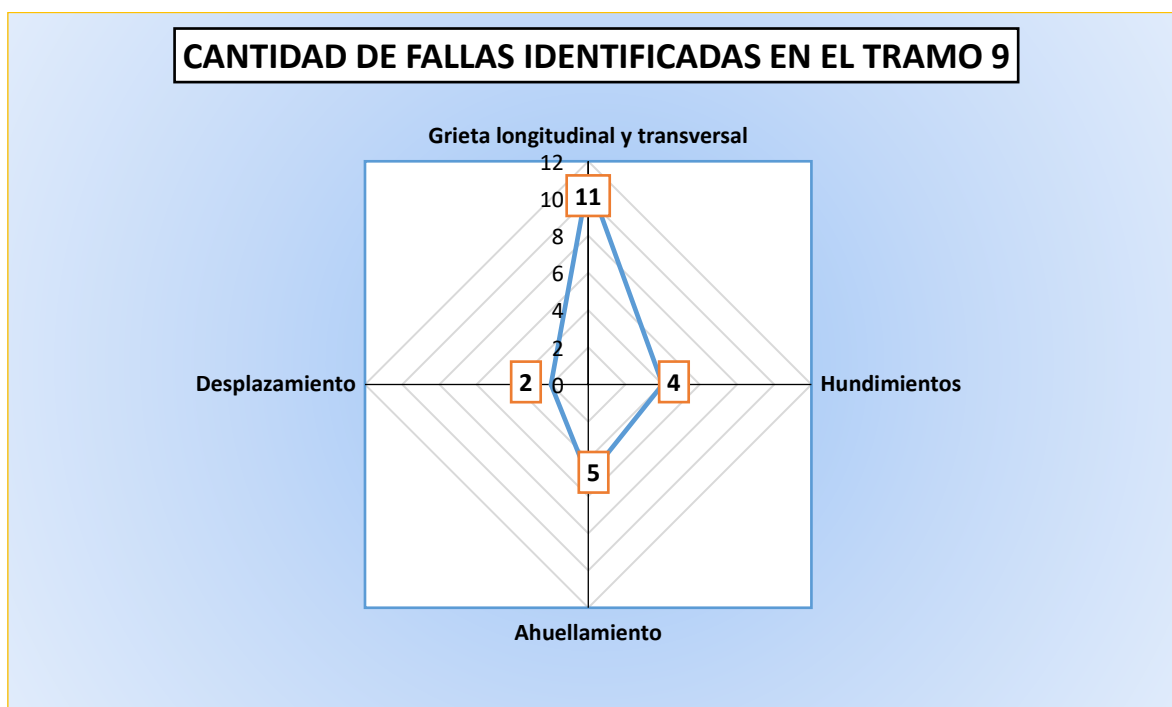
Fallas y grado de severidad en tramo 9, Progresiva 0+800 - 0+900.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|--|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 11 | 30 |
| Hundimientos | Alta | 4 | 18 |
| Ahuellamiento | Media | 5 | 15 |
| Desplazamiento | Alta | 2 | 10 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 9, entre las progresivas 0+800 y 0+900, con detalles sobre la severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta longitudinal y transversal, hundimientos, ahuellamiento y desplazamiento, con severidades media y alta, afectando áreas de 10 a 30 m².

Figura 13

Cantidad de fallas identificadas en tramo 9.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 9, con las siguientes cantidades: grieta longitudinal y transversal (11), ahuellamiento (5), hundimientos (4) y desplazamiento (2). La grieta longitudinal y transversal es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 18

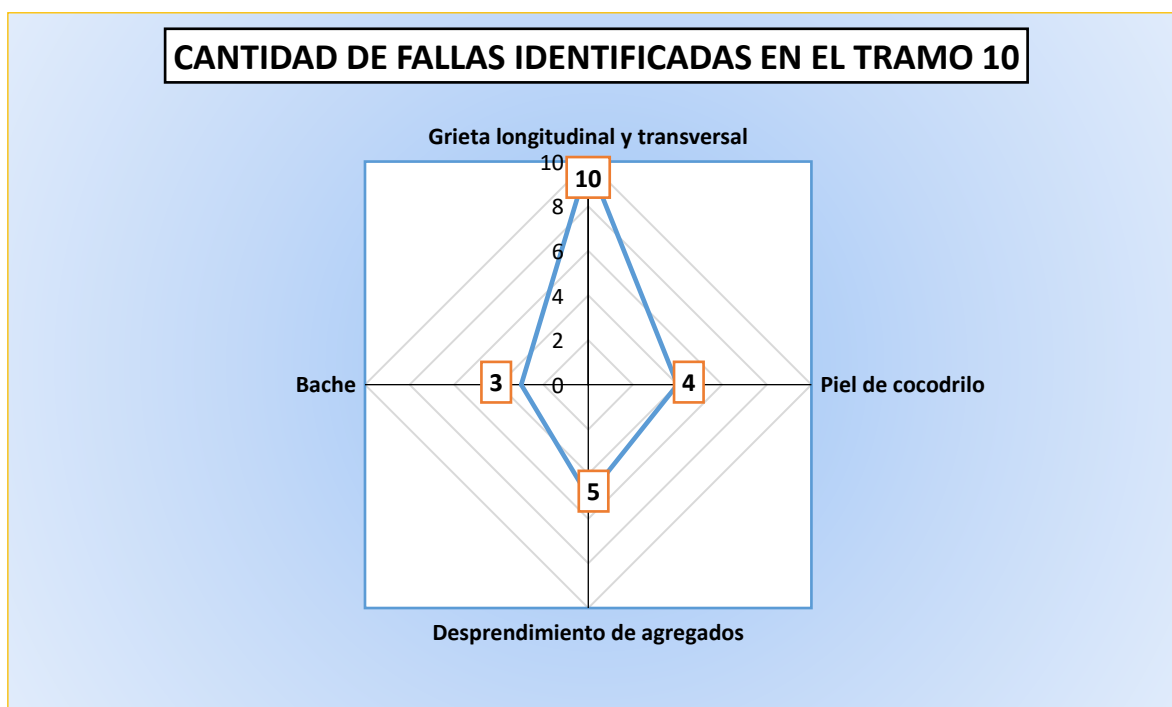
Fallas y grado de severidad en tramo 10, Progresiva 0+900 - 1+000.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|--|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Baja | 10 | 28 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 4 | 20 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 5 | 10 |
| Bache | Alta | 3 | 12 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 10, entre las progresivas 0+900 y 1+000, especificando la severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y bache, con severidades baja, media y alta, afectando áreas de 10 a 28 m².

Figura 14

Cantidad de fallas identificadas en tramo 10.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 10, con las siguientes cantidades: grieta longitudinal y transversal (10), desprendimiento de agregados (5), piel de cocodrilo (4) y bache (3). La grieta longitudinal y transversal es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 19

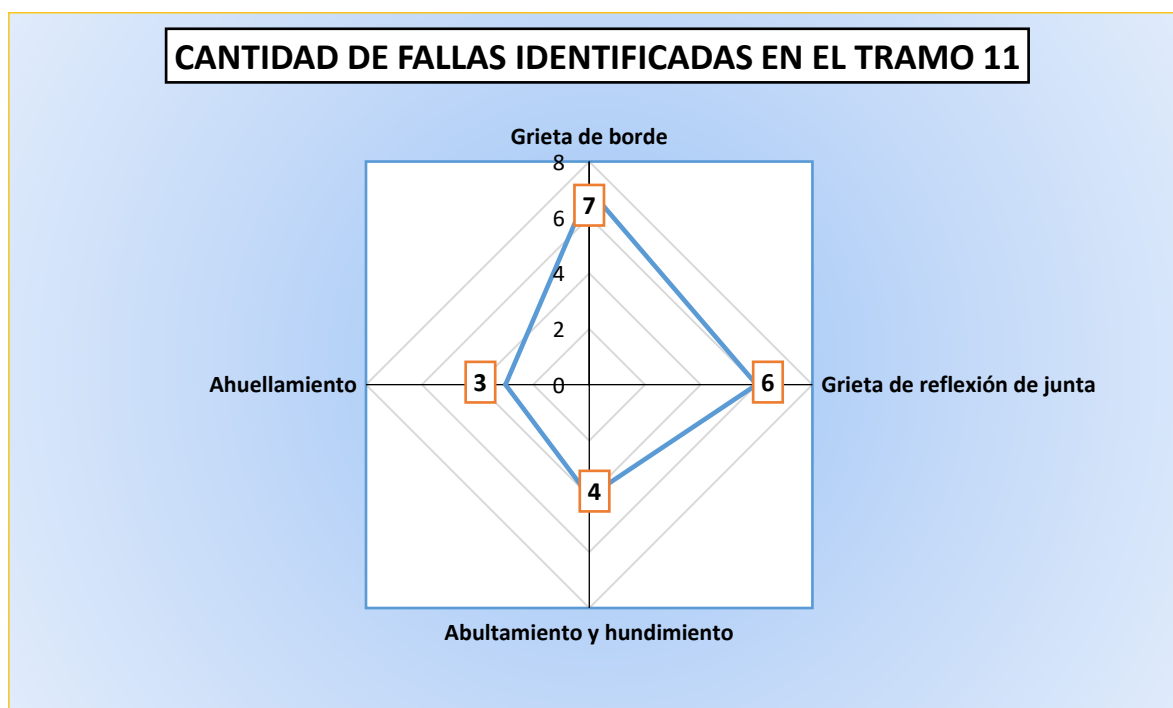
Fallas y grado de severidad en tramo 11, Progresiva 1+000 - 1+100.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta de borde | Media | 7 | 20 |
| Grieta de reflexión de junta | Alta | 6 | 15 |
| Abultamiento y hundimiento | Baja | 4 | 12 |
| Ahuellamiento | Media | 3 | 10 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 11, entre las progresivas 1+000 y 1+100, indicando severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta de borde, grieta de reflexión de junta, abultamiento y hundimiento, y ahuellamiento, con severidades de baja a alta, afectando áreas de 10 a 20 m².

Figura 15

Cantidad de fallas identificadas en tramo 11.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 11, con las siguientes cantidades: grieta de borde (7), grieta de reflexión de junta (6), abultamiento y hundimiento (4) y ahuellamiento (3). La grieta de borde es la falla más frecuente en este tramo.

Tabla 20

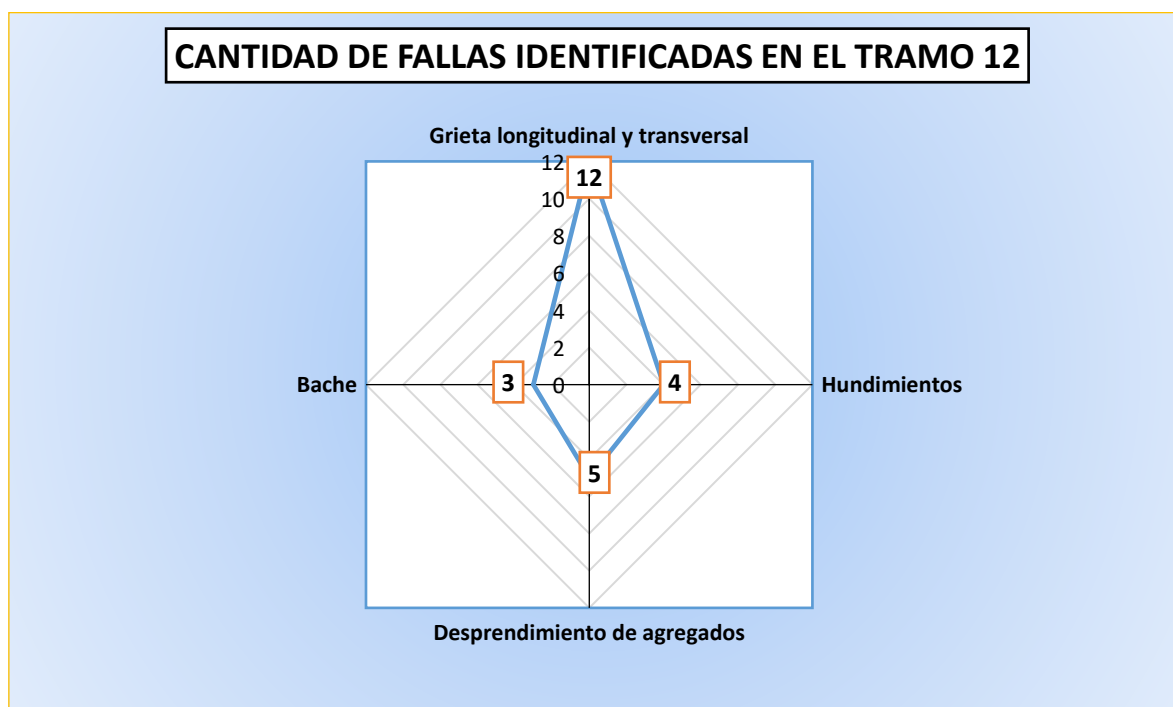
Fallas y grado de severidad en tramo 12, Progresiva 1+100 - 1+180.

| Tipo de Falla | Severidad | Cantidad | Área Afectada (m ²) |
|--|-----------|----------|---------------------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 12 | 35 |
| Hundimientos | Alta | 4 | 18 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 5 | 10 |
| Bache | Alta | 3 | 12 |

Se presenta tipos de fallas en el pavimento del tramo 12, entre las progresivas 1+100 y 1+180, indicando severidad, cantidad y área afectada en m². Las fallas incluyen grieta longitudinal y transversal, hundimientos, desprendimiento de agregados y bache, con severidades media y alta, afectando áreas de 10 a 35 m².

Figura 16

Cantidad de fallas identificadas en tramo 12.



Se muestra las fallas identificadas en el tramo 12, con las siguientes cantidades: grieta longitudinal y transversal (12), desprendimiento de agregados (5), hundimientos (4) y bache (3). La grieta longitudinal y transversal es la falla más frecuente en este tramo.

4.1.2 Estado Superficial de las Vías Usando el PCI

Tabla 21

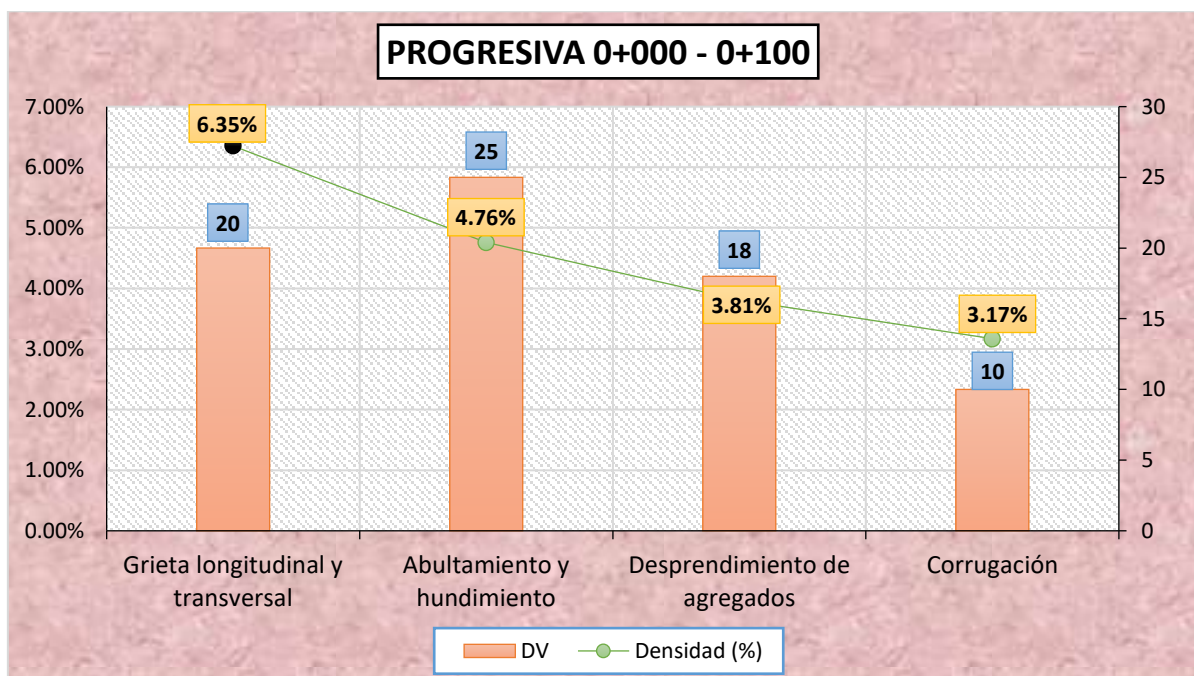
Calculo del PCI del tramo 1, Progresiva 0+000 - 0+100.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|--|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 6.35 | 20 |
| Abultamiento y hundimiento | Alta | 4.76 | 25 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 3.81 | 18 |
| Corrugación | Baja | 3.17 | 10 |

Se muestra el cálculo del PCI, para el tramo 1, considerando diferentes tipos de fallas en el pavimento, como grietas, abultamiento y desprendimiento de agregados. Se detallan la severidad, densidad y valor deducido (VD) de cada falla. Finalmente, se calcula el PCI ajustado, aplicando un ajuste máximo y obteniendo un valor final de 70.

Figura 17

Densidad y Valor deducido en el tramo 1.



Se muestra la densidad y el valor deducido de las fallas en el tramo 1. La grieta longitudinal y transversal tiene la mayor densidad (6.35%) y un valor de 20, seguida del abultamiento y hundimiento con 4.76% y un valor de 25.

Tabla 22

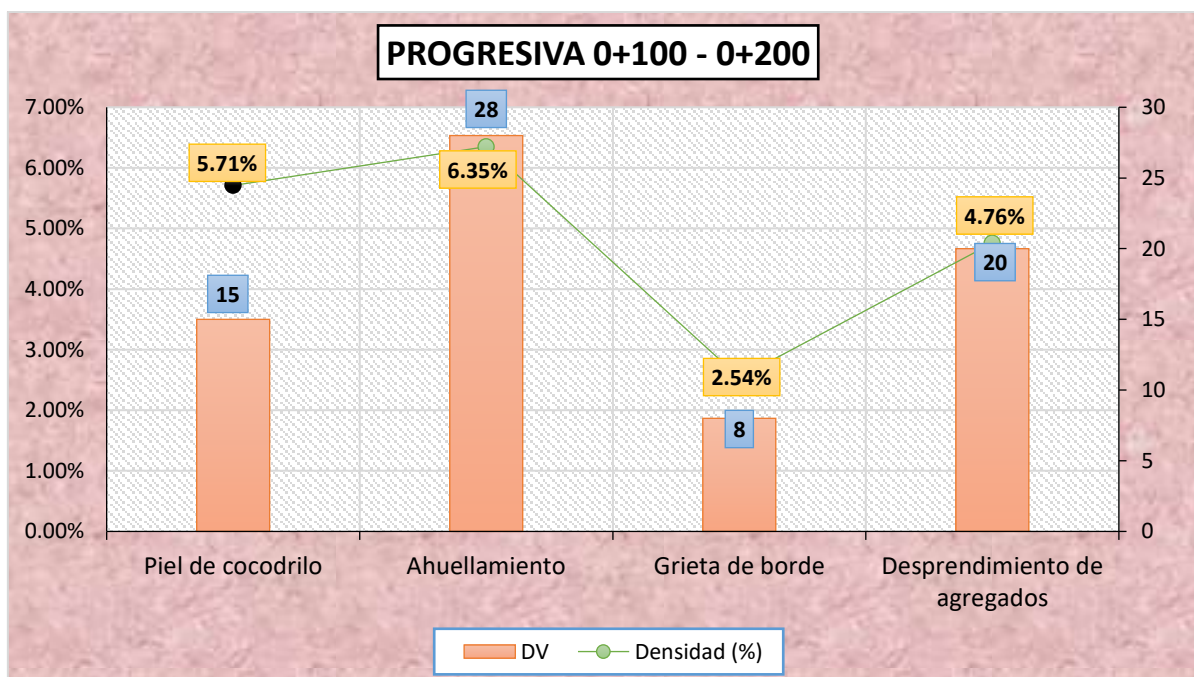
Calculo del PCI del tramo 2, Progresiva 0+100 - 0+200.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|------------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| Piel de cocodrilo | Media | 5.71 | 15 |
| Ahuellamiento | Alta | 6.35 | 28 |
| Grieta de borde | Baja | 2.54 | 8 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 4.76 | 20 |

Se muestra el cálculo del PCI para el tramo 2 (Progresiva 0+100 - 0+200), evaluando fallas como piel de cocodrilo, ahuellamiento, grieta de borde y desprendimiento de agregados, junto a sus severidades, densidades y valores deducidos. El VDT es de 71, y con un ajuste máximo de 32, el PCI final calculado es 68.

Figura 18

Densidad y Valor deducido en el tramo 2.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de fallas como piel de cocodrilo, ahuellamiento, grieta de borde y desprendimiento de agregados en el tramo 2. Se observa la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 23

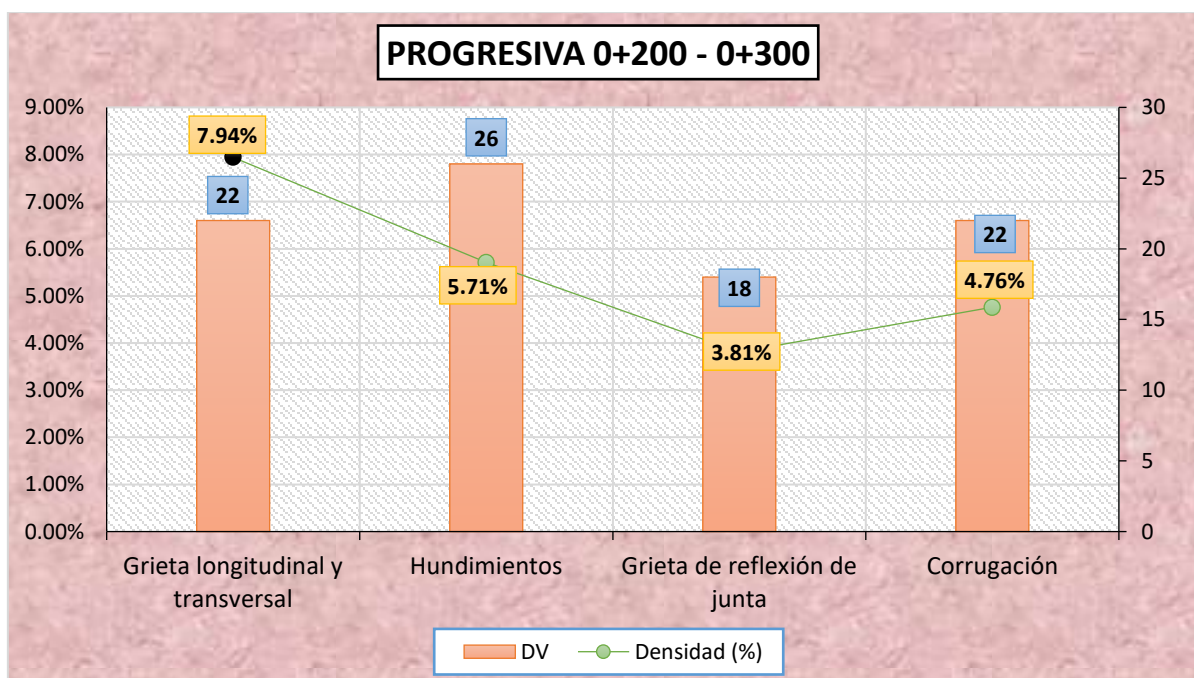
Calculo del PCI del tramo 3, Progresiva 0+200 - 0+300.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|--|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 7.94 | 22 |
| Hundimientos | Alta | 5.71 | 26 |
| Grieta de reflexión de junta | Media | 3.81 | 18 |
| Corrugación | Alta | 4.76 | 22 |

La tabla muestra el cálculo del PCI para el tramo 3 (Progresiva 0+200 - 0+300), evaluando fallas como grietas longitudinales y transversales, hundimientos, grieta de reflexión de junta y corrugación, con sus respectivas severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 88, y aplicando un ajuste máximo de 36, el PCI final obtenido es 64, reflejando la condición del pavimento en este tramo.

Figura 19

Densidad y Valor deducido en el tramo 3.



La figura representa la densidad (%) y el valor deducido (VD) de fallas como grieta longitudinal, hundimientos, grieta de reflexión de junta y corrugación en el tramo 3. Muestra visualmente la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 24

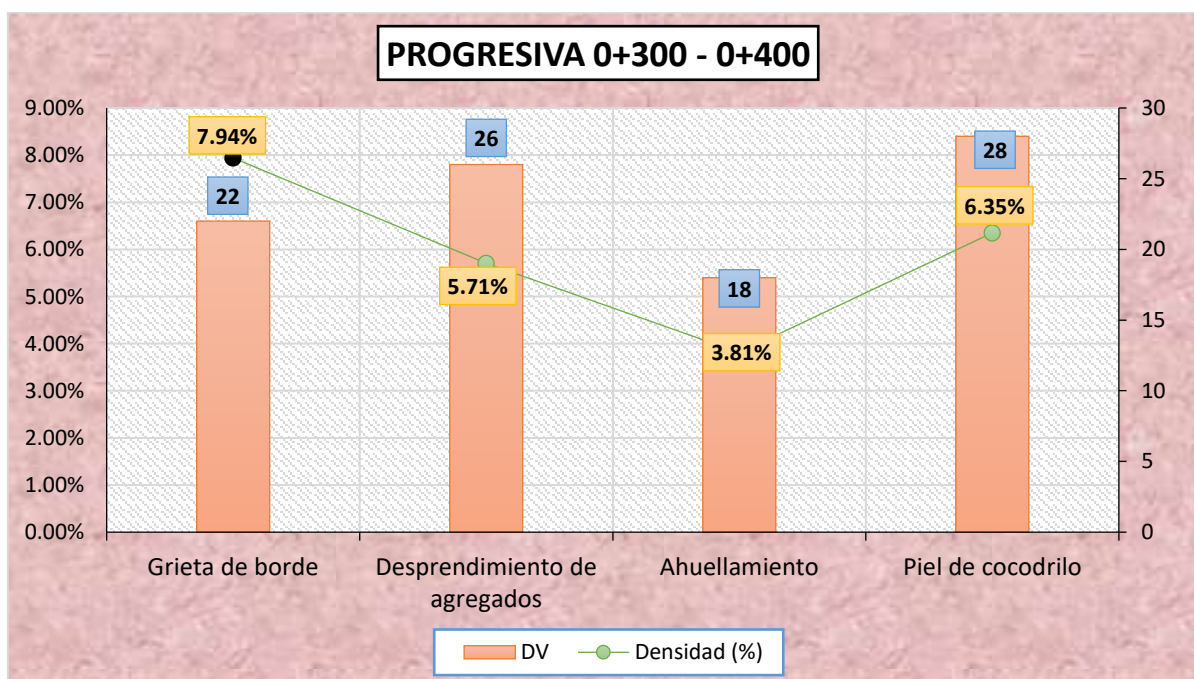
Calculo del PCI del tramo 4, Progresiva 0+300 - 0+400.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|-------------------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta de borde | Media | 7.94 | 22 |
| Desprendimiento de agregados | Alta | 5.71 | 26 |
| Ahuellamiento | Media | 3.81 | 18 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 6.35 | 28 |

La tabla muestra el cálculo del PCI para el tramo 4 (Progresiva 0+300 - 0+400), evaluando fallas como grieta de borde, desprendimiento de agregados, ahuellamiento y piel de cocodrilo, con sus respectivas severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 94, y aplicando un ajuste máximo de 38, se obtiene un PCI final de 62. Esto refleja la condición actual del pavimento en este tramo.

Figura 20

Densidad y Valor deducido en el tramo 4.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 4, incluyendo grieta de borde, desprendimiento de agregados, ahuellamiento y piel de cocodrilo. El gráfico visualiza la relación entre la densidad y el impacto de cada falla en el pavimento.

Tabla 25

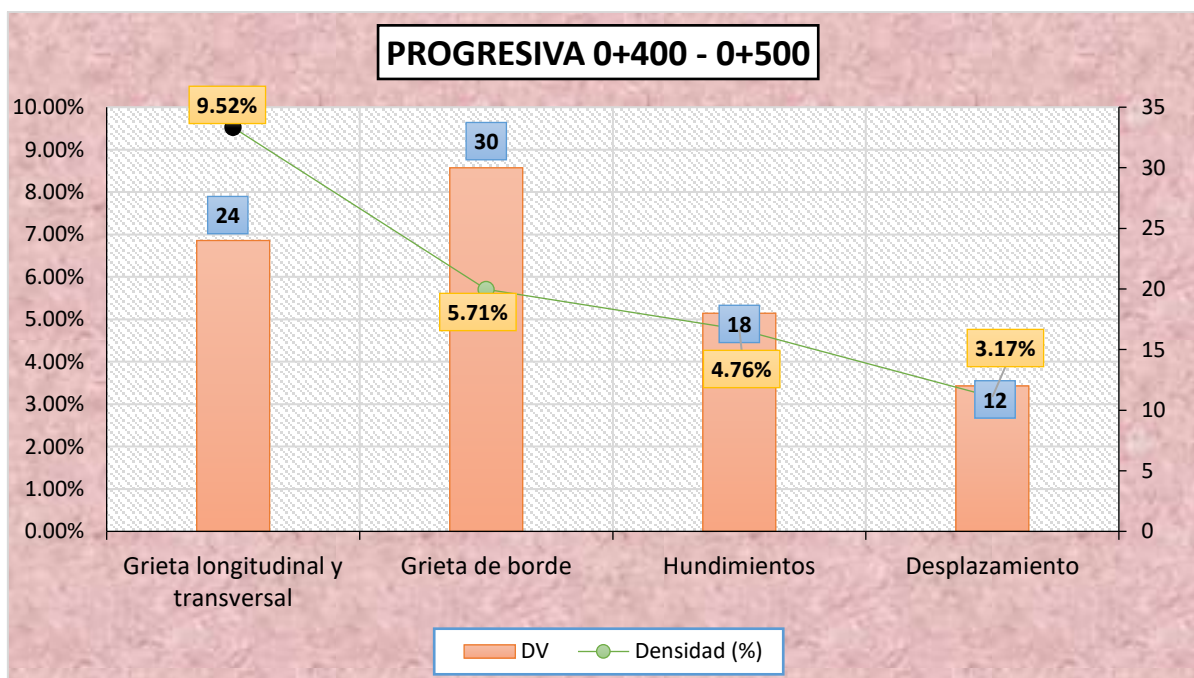
Calculo del PCI del tramo 5, Progresiva 0+400 - 0+500.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|--|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Baja | 9.52 | 24 |
| Grieta de borde | Alta | 5.71 | 30 |
| Hundimientos | Media | 4.76 | 18 |
| Desplazamiento | Alta | 3.17 | 12 |

La tabla muestra el cálculo del PCI para el tramo 5 (Progresiva 0+400 - 0+500), evaluando fallas como grieta longitudinal y transversal, grieta de borde, hundimientos y desplazamiento, junto con sus severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 84, y tras aplicar un ajuste máximo de 33, el PCI final resulta en 67, reflejando el estado del pavimento en este tramo.

Figura 21

Densidad y Valor deducido en el tramo 5.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 5, incluyendo grieta longitudinal y transversal, grieta de borde, hundimientos y desplazamiento. Se observa la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 26

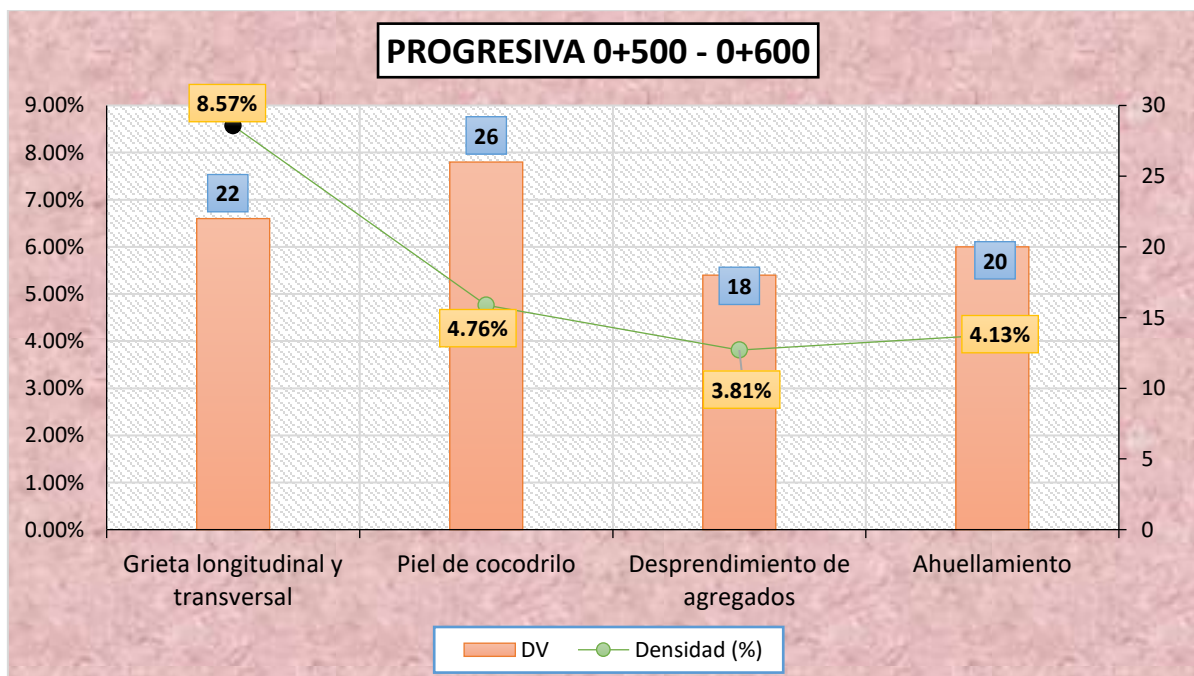
Calculo del PCI del tramo 6, Progresiva 0+500 - 0+600.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|-----------------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 8.57 | 22 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 4.76 | 26 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 3.81 | 18 |
| Ahuellamiento | Media | 4.13 | 20 |

La tabla presenta el cálculo del PCI para el tramo 6 (Progresiva 0+500 - 0+600), evaluando fallas como grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y ahuellamiento, con sus respectivas severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 86, y aplicando un ajuste máximo de 34, el PCI final calculado es 66. Esto refleja la condición del pavimento en el tramo evaluado.

Figura 22

Densidad y Valor deducido en el tramo 6.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 6, incluyendo grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y ahuellamiento. Se observa la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 27

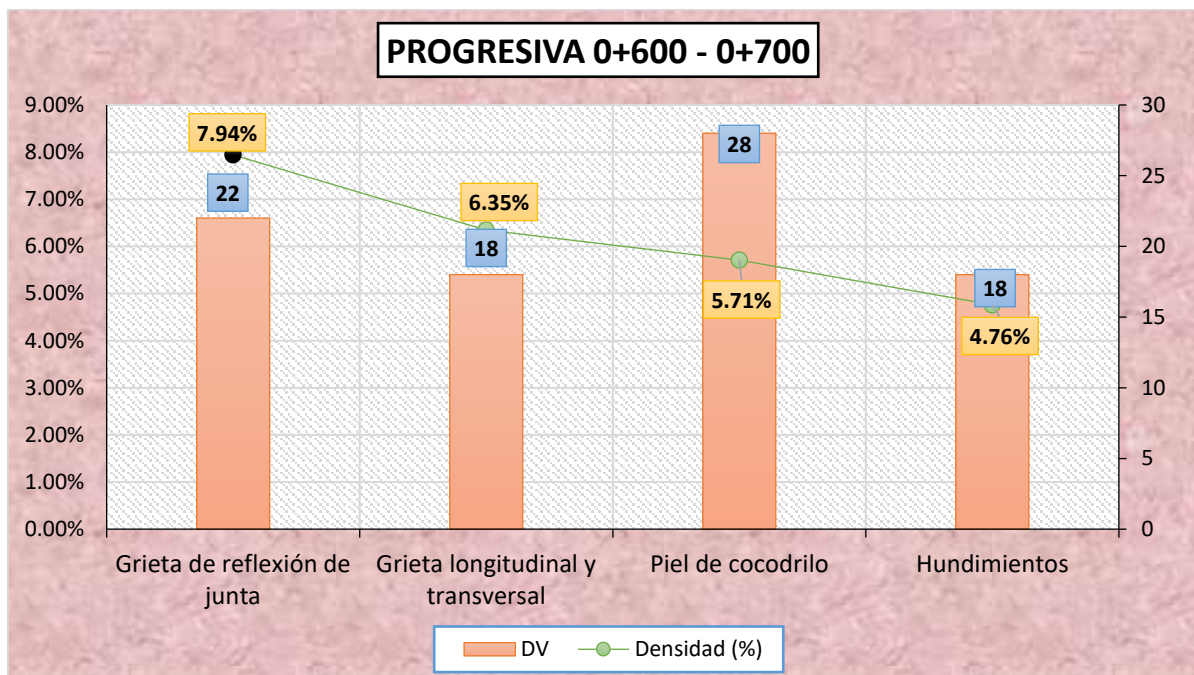
Calculo del PCI del tramo 7, Progresiva 0+600 - 0+700.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|-----------------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta de reflexión de junta | Media | 7.94 | 22 |
| Grieta longitudinal y transversal | Baja | 6.35 | 18 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 5.71 | 28 |
| Hundimientos | Media | 4.76 | 18 |

La tabla presenta el cálculo del PCI para el tramo 7 (Progresiva 0+600 - 0+700), evaluando fallas como grieta de reflexión de junta, grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo y hundimientos, junto a sus severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 86, y aplicando un ajuste máximo de 35, el PCI final calculado es 65.

Figura 23

Densidad y Valor deducido en el tramo 7.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de fallas en el tramo 7, como grieta de reflexión de junta, grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo y hundimientos. Se observa la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 28

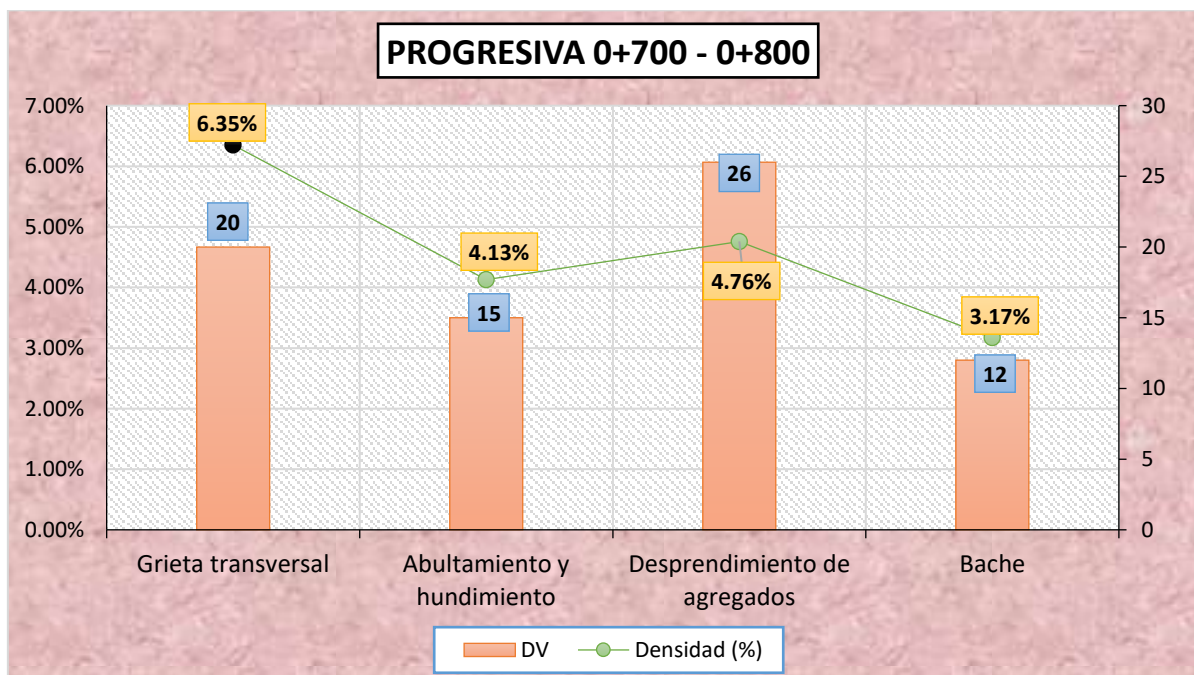
Calculo del PCI del tramo 8, Progresiva 0+700 - 0+800.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|------------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta transversal | Media | 6.35 | 20 |
| Abultamiento y hundimiento | Baja | 4.13 | 15 |
| Desprendimiento de agregados | Alta | 4.76 | 26 |
| Bache | Media | 3.17 | 12 |

La tabla presenta el cálculo del PCI para el tramo 8 (Progresiva 0+700 - 0+800), evaluando fallas como grieta transversal, abultamiento y hundimiento, desprendimiento de agregados y bache, con sus respectivas severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 73, y tras aplicar un ajuste máximo de 31, el PCI final obtenido es 69.

Figura 24

Densidad y Valor deducido en el tramo 8.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 8, como grieta transversal, abultamiento y hundimiento, desprendimiento de agregados y bache. El gráfico visualiza la relación entre la densidad y el impacto de cada tipo de falla en el pavimento.

Tabla 29

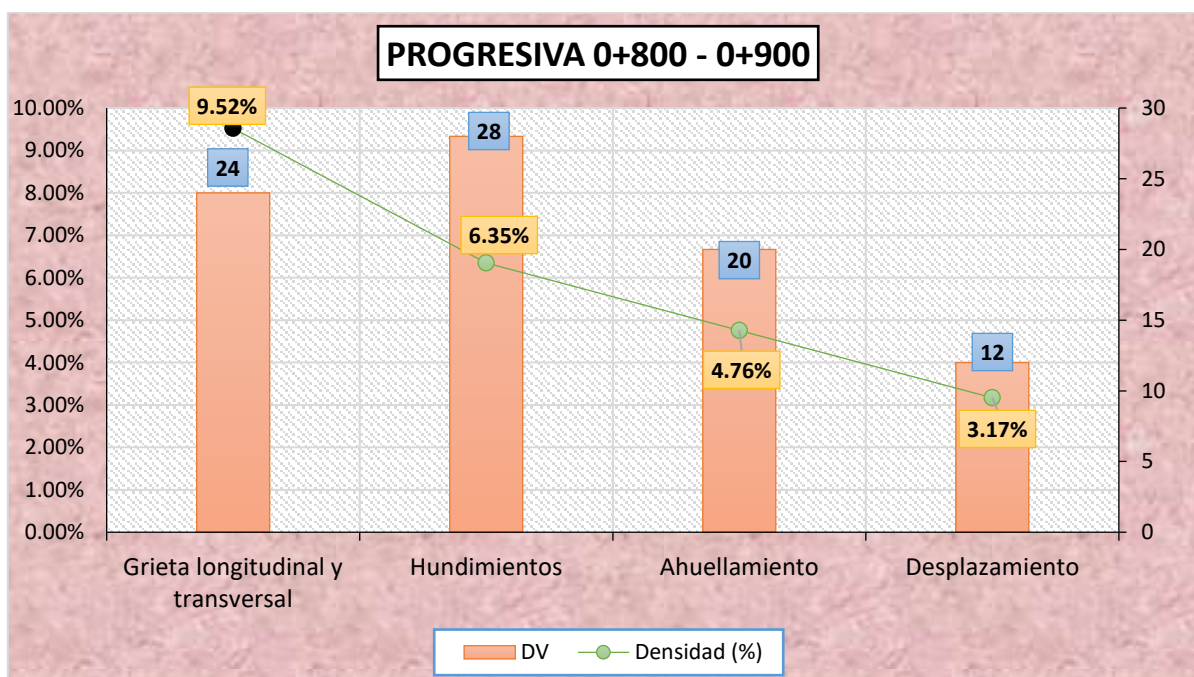
Calculo del PCI del tramo 9, Progresiva 0+800 - 0+900.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|--|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 9.52 | 24 |
| Hundimientos | Alta | 6.35 | 28 |
| Ahuellamiento | Media | 4.76 | 20 |
| Desplazamiento | Alta | 3.17 | 12 |

La tabla muestra el cálculo del PCI para el tramo 9 (Progresiva 0+800 - 0+900), evaluando fallas como grieta longitudinal y transversal, hundimientos, ahuellamiento y desplazamiento, junto a sus severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 84, y con un ajuste máximo de 33, el PCI final obtenido es 67.

Figura 25

Densidad y Valor deducido en el tramo 9.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 9, como grieta longitudinal y transversal, hundimientos, ahuellamiento y desplazamiento. Se observa la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 30

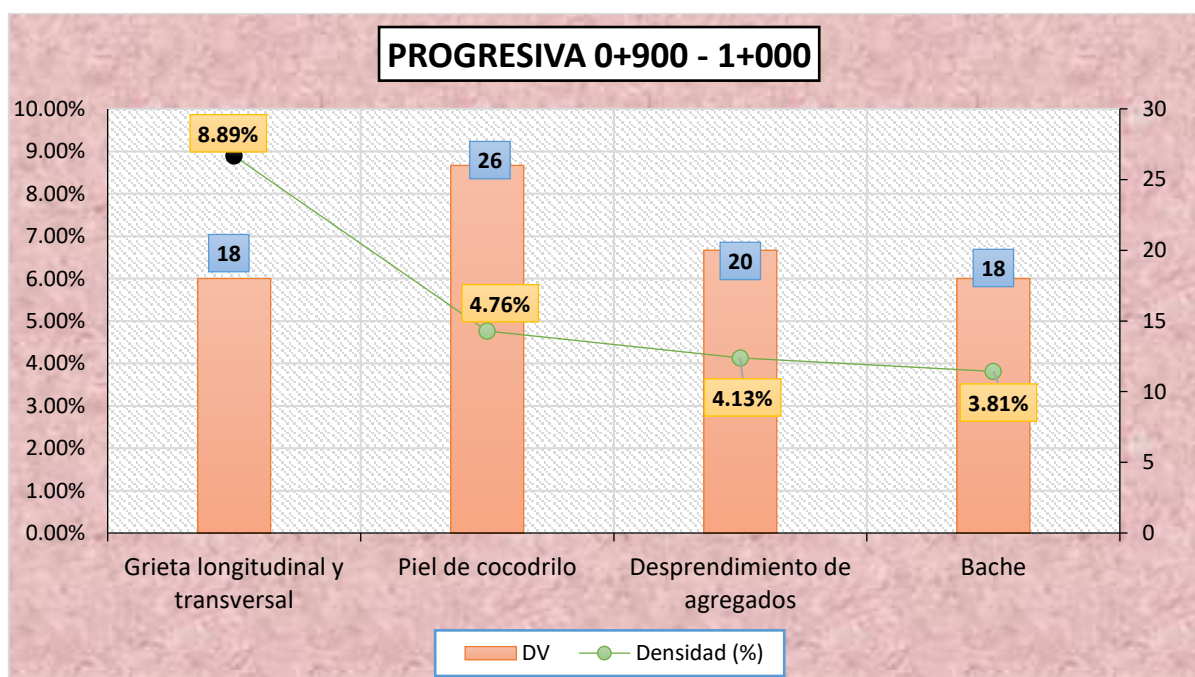
Calculo del PCI del tramo 10, Progresiva 0+900 - 1+000.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|--|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Baja | 8.89 | 18 |
| Piel de cocodrilo | Alta | 4.76 | 26 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 4.13 | 20 |
| Bache | Alta | 3.81 | 18 |

La tabla presenta el cálculo del PCI para el tramo 10 (Progresiva 0+900 - 1+000), evaluando fallas como grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y bache, con sus respectivas severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 82, y aplicando un ajuste máximo de 32, el PCI final obtenido es 68.

Figura 26

Densidad y Valor deducido en el tramo 10.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 10, como grieta longitudinal y transversal, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y bache. El gráfico visualiza la relación entre la densidad y el impacto de cada tipo de falla en el pavimento.

Tabla 31

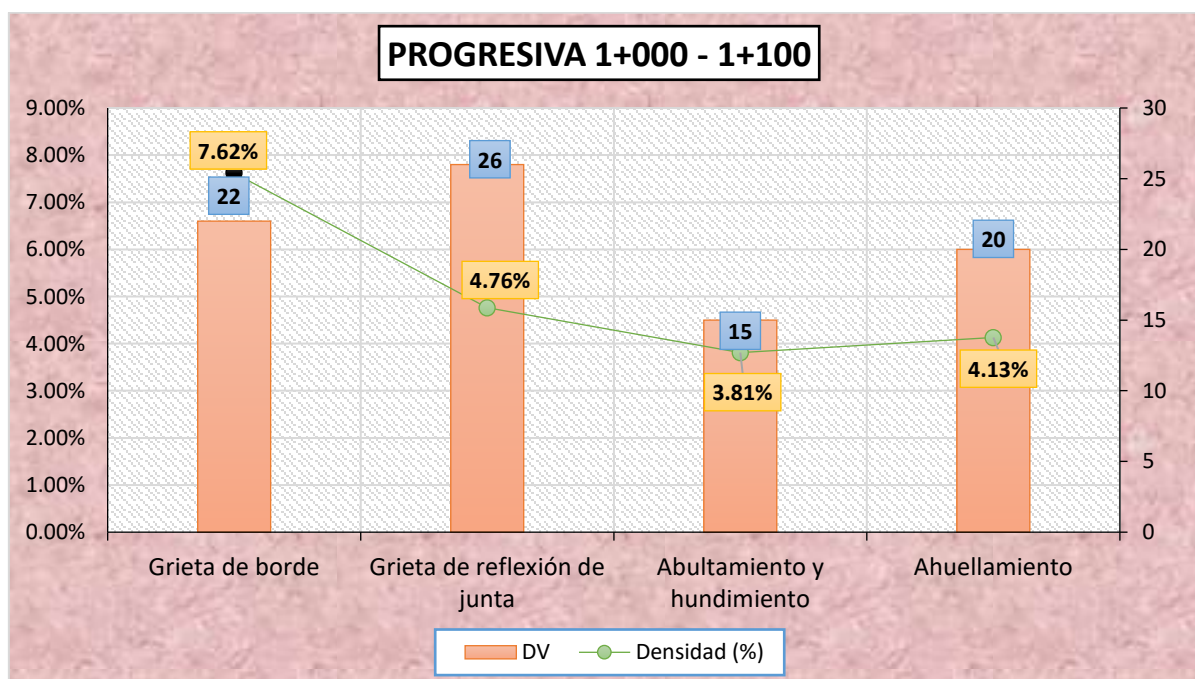
Calculo del PCI del tramo 11, Progresiva 1+000 - 1+100.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|------------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta de borde | Media | 7.62 | 22 |
| Grieta de reflexión de junta | Alta | 4.76 | 26 |
| Abultamiento y hundimiento | Baja | 3.81 | 15 |
| Ahuellamiento | Media | 4.13 | 20 |

La tabla 25 muestra el cálculo del PCI para el tramo 11 (Progresiva 1+000 - 1+100), evaluando fallas como grieta de borde, grieta de reflexión de junta, abultamiento y hundimiento, y ahuellamiento, con sus respectivas severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 83, y aplicando un ajuste máximo de 33, el PCI final calculado es 67.

Figura 27

Densidad y Valor deducido en el tramo 11.



La figura muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 11, como grieta de borde, grieta de reflexión de junta, abultamiento y hundimiento, y ahuellamiento. Se observa la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 32

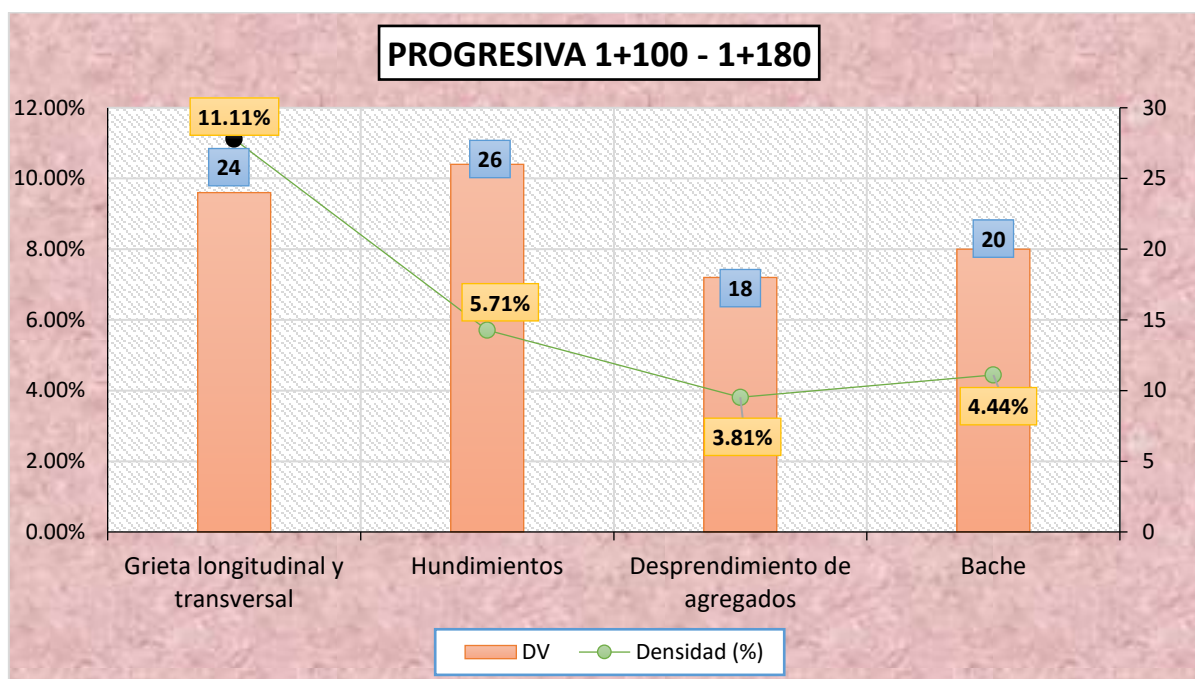
Calculo del PCI del tramo 12, Progresiva 1+100 - 1+180.

| Tipo de Falla | Severidad | Densidad (%) | Valor Deducido (VD) |
|--|-----------|--------------|---------------------|
| Grieta longitudinal y transversal | Media | 11.11 | 24 |
| Hundimientos | Alta | 5.71 | 26 |
| Desprendimiento de agregados | Media | 3.81 | 18 |
| Bache | Alta | 4.44 | 20 |

La tabla presenta el cálculo del PCI para el tramo 12 (Progresiva 1+100 - 1+180), evaluando fallas como grieta longitudinal y transversal, hundimientos, desprendimiento de agregados y bache, con sus respectivas severidades, densidades y valores deducidos (VD). El VDT es de 88, y aplicando un ajuste máximo de 36, el PCI final obtenido es 64.

Figura 28

Densidad y Valor deducido en el tramo 12.



La figura 28 muestra la densidad (%) y el valor deducido (VD) de las fallas en el tramo 12, como grieta longitudinal y transversal, hundimientos, desprendimiento de agregados y bache. El gráfico visualiza la relación entre la densidad de cada falla y su impacto en el pavimento.

Tabla 33

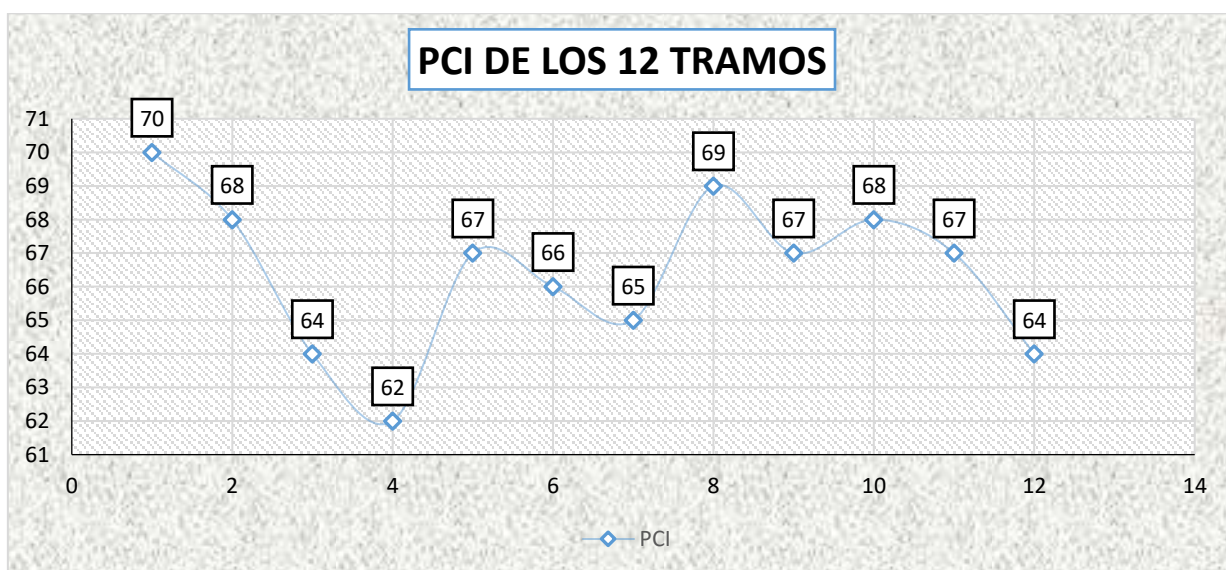
Resumen del PCI para los 12 tramos analizados.

| SEGEENTOS | PROGRESIVA | PCI |
|-----------|---------------------|-----|
| TRAMO 1 | Km 0+000 – Km 0+100 | 70 |
| TRAMO 2 | Km 0+100 - Km 0+200 | 68 |
| TRAMO 3 | Km 0+200 - Km 0+300 | 64 |
| TRAMO 4 | Km 0+300 - Km 0+400 | 62 |
| TRAMO 5 | Km 0+400 - Km 0+500 | 67 |
| TRAMO 6 | Km 0+500 - Km 0+600 | 66 |
| TRAMO 7 | Km 0+600 - Km 0+700 | 65 |
| TRAMO 8 | Km 0+700 - Km 0+800 | 69 |
| TRAMO 9 | Km 0+800 - Km 0+900 | 67 |
| TRAMO 10 | Km 0+900 - Km 1+000 | 68 |
| TRAMO 11 | Km 1+000 - Km 1+100 | 67 |
| TRAMO 12 | Km 1+100 - Km 1+180 | 64 |

La tabla resume el PCI de los 12 tramos analizados, mostrando el valor del PCI para cada segmento, desde el tramo 1 (Km 0+000 - Km 0+100) hasta el tramo 12 (Km 1+100 - Km 1+180). Los valores de PCI varían entre 62 y 70, indicando diferentes niveles de condición del pavimento en cada tramo.

Figura 29

Resumen del cálculo de PCI, de los 12 Tramos analizados.



La imagen presenta un resumen del cálculo del PCI para los 12 tramos estudiados, destacando la diferencia en el Índice de Condición del Pavimento en cada tramo. Los

números oscilan entre 62 y 70, lo que permite identificar las circunstancias de cada zona en función de su PCI.

Promedio del PCI para la Vía Completa

$$\text{PCI promedio} = (70+68+64+62+67+66+65+69+67+68+67+64) / 12 = 66.08$$

Clasificación General de la Vía

Condición Superficial General: Con un PCI promedio de 66.08, la vía se clasifica como "Regular".

4.1.3 Propuesta de alternativa de intervención en la vía

La vía fue segmentada en 12 tramos de 100 metros, lo cual facilitó una evaluación exhaustiva y detallada de cada sección. A continuación, se describe la propuesta de intervención para cada tramo, adaptada a las condiciones observadas en el pavimento.

Tramo 1: Progresiva 0+000 - 0+100

✚ **Estado de la Vía:** Este tramo obtuvo un PCI de 70, clasificándolo en una condición "buena".

✚ **Fallas observadas:**

- Grietas longitudinales y transversales: Este tipo de falla afecta un área aproximada de 20 m² y presenta una severidad media, lo cual indica que las grietas han comenzado a extenderse, pero no comprometen aún la integridad estructural.
- Abultamientos y hundimientos: Estas fallas afectan 15 m² y presentan una severidad alta, lo cual representa un riesgo para la seguridad vial y la resistencia de la vía, ya que las zonas abultadas o hundidas pueden intensificar el desgaste.
- Desprendimiento de agregados: Esta falla afecta 12 m² y se clasifica con severidad media, lo que implica la pérdida de agregados en la superficie, comprometiendo la uniformidad y aumentando el riesgo de más fallas.

Recomendación de Intervención:

✚ Mantenimiento preventivo:

- Aplicación de selladores en las grietas: Se sugiere aplicar un sellador en las grietas longitudinales y transversales. Este procedimiento protegerá la estructura de la vía al evitar la infiltración de agua, que puede erosionar la base y acelerar el deterioro.
- Bacheo superficial en áreas con desprendimiento de agregados: Esto implica la reparación de la capa superficial afectada, restaurando la uniformidad y mejorando la resistencia del pavimento.

✚ **Justificación:** Al presentar un PCI elevado, este tramo se encuentra en una condición general buena; Sin embargo, las intervenciones preventivas son esenciales para evitar que el desgaste avance. Además, el sellado de grietas y el bacheo superficial son acciones de bajo costo que prolongarán la vida útil del tramo.

Tramo 2: Progresiva 0+100 - 0+200

✚ **Estado de la Vía:** Con un PCI de 68, este tramo también se clasifica en condición "buena".

✚ Fallas observadas:

- Piel de cocodrilo: Afecta 18 m² con severidad media. Esta falla es indicativa de fatiga en el pavimento, presentando una serie de grietas interconectadas que pueden debilitar la superficie.
- Ahuellamiento: Esta falla severa afecta 20 m² y representa la deformación de la vía debido a la acumulación de cargas. La severidad alta indica un desgaste significativo.
- Grieta de borde: Presente en 8 m² con severidad baja, esta falla ocurre en los bordes del pavimento y puede progresar si no se atiende.
- Desprendimiento de agregados: Afecta 12 m² y presenta una severidad media, lo cual indica una pérdida parcial de la capa superficial, afectado la adherencia.

Recomendación de Intervención:

✚ Mantenimiento preventivo:

- Sellado en áreas con piel de cocodrilo y grietas de borde: Se aplicará un sellador en las fisuras presentes, especialmente en áreas con piel de cocodrilo, para detener el avance de las fracturas.
- Corrección de ahuellamiento: Relleno y nivelación en las zonas ahuelladas para restaurar la superficie y reducir el riesgo de daños adicionales.

✚ **Justificación:** Dado que el tramo aún se clasifica como “bueno”, las intervenciones preventivas ayudarán a conservar su estado y reducir la probabilidad de reparaciones correctivas en el futuro. El sellado evitará el ingreso de agua, preservando la resistencia del pavimento, y la corrección de ahuellamiento mejorará la estabilidad y la seguridad de la vía.

Tramo 3: Progresiva 0+200 - 0+300

✚ **Estado de la Vía:** PCI de 64, lo que coloca al tramo en una condición “regular”.

✚ Fallas observadas:

- Grietas longitudinales y transversales: Afectan 25 m² con una severidad media. La presencia de estas grietas indica una degradación progresiva que requiere atención para evitar que se extiendan.
- Hundimientos: Estos hundimientos afectan 20 m² con una severidad alta. Esta es una falla estructural importante, ya que los hundimientos comprometen la estabilidad del pavimento y representan un riesgo para el tráfico.
- Grieta de reflexión de junta: Afecta 12 m² con severidad media. Esta falla suele aparecer cuando se colocan nuevas capas sobre pavimento antiguo, y su presencia indica que el pavimento está experimentando fatiga.
- Corrugación: Afecta 15 m² con una severidad alta. La corrugación se manifiesta como ondulaciones en la superficie de la vía y puede dificultar el tránsito, además de facilitar el desgaste.

Recomendación de Intervención:

✚ Mantenimiento correctivo:

- Bacheo profundo en áreas con hundimientos y grietas de reflexión: El bacheo profundo requiere la remoción del material dañado y la reposición de mezcla asfáltica, asegurando así una mayor durabilidad.
- Fresado parcial y nivelación en áreas con corrugación: El fresado elimina las capas superiores afectadas por la ondulación, restaurando una superficie uniforme y segura.

✚ **Justificación:** Las fallas observadas y el PCI de este tramo justifican una intervención correctiva que refuerce la estructura del pavimento. Este tipo de mantenimiento mejorará la resistencia del tramo y reducirá el deterioro en el corto plazo, prolongando la vida útil de la vía.

Tramo 4: Progresiva 0+300 - 0+400

✚ **Estado de la Vía:** PCI de 62, también en estado "regular".

✚ Fallas observadas

- Grieta de borde: Afecta 22 m² con severidad media. Al ubicarse en el borde del pavimento, esta grieta tiene una alta probabilidad de extenderse hacia el centro si no se sella.
- Desprendimiento de agregados: Afecta 18 m² con severidad alta. La pérdida de agregados afecta directamente la adherencia de la superficie y aumenta la susceptibilidad a otras fallas.
- Ahuellamiento: Afecta 14 m² con severidad media. Este desgaste es típico en vías de alto tránsito y puede empeorar si no se nivela.
- Piel de cocodrilo: Afecta 12 m² con severidad alta, lo cual indica una fatiga avanzada del pavimento.

Recomendación de Intervención:**+ Mantenimiento correctivo:**

- Bacheo profundo en áreas con desprendimiento de agregados y grietas de borde: Retiro y reposición del material en áreas críticas para restaurar la estructura.
- Relleno y fresado en zonas con ahuellamiento y piel de cocodrilo: Para reducir el riesgo de más daños y mejorar la seguridad del pavimento.

+ Justificación: Dada la severidad de las fallas y el PCI regular, se requieren intervenciones correctivas que mejoren la estructura y funcionalidad de la vía. Estas extenderán la durabilidad del tramo, especialmente en una vía de alto tránsito.

Tramo 5: Progresiva 0+400 - 0+500

+ Estado de la Vía: PCI de 67, clasificado en "bueno".

+ Fallas observadas:

- Grietas longitudinales y transversales: Afectan 30 m² con una severidad baja, lo cual indica que aún no representan un riesgo significativo.
- Grieta de borde: Afecta 25 m² con severidad alta. Esta falla es crítica y, si no se repara, puede progresar hacia el centro del carril.
- Hundimientos: Afectan 15 m² con severidad media, lo cual podría comprometer la estabilidad del pavimento a largo plazo.
- Desplazamiento: Afecta 10 m² con severidad alta, lo cual representa una deformación en la superficie que puede afectar la seguridad.

Recomendación de Intervención:**+ Mantenimiento preventivo:**

- Sellado de Grietas y Relleno de Hundimientos Menores: El sellado protegerá la superficie contra la filtración de agua, mientras que el relleno de hundimientos mejorará la estabilidad.
- Bacheo superficial en áreas desplazadas: Esta medida restaurará la uniformidad y reducirá el riesgo de deformaciones adicionales.

- ✚ **Justificación:** Dado que el PCI es bueno, las medidas preventivas serán suficientes para mantener el estado del tramo y evitar intervenciones correctivas más costosas en el futuro.

Tramo 6: Progresiva 0+500 - 0+600

- ✚ **Estado de la Vía:** PCI de 66, también clasificado como "bueno".
- ✚ **Fallas observadas:**
 - Grietas longitudinales y transversales: Estas fallas afectan 28 m² con severidad media y pueden progresar sin intervención.
 - Piel de cocodrilo: Afecta 15 m² con severidad alta, una señal clara de fatiga en el pavimento.
 - Desprendimiento de agregados: Afecta 10 m² con severidad media, lo cual indica una pérdida de material que afecta la adhesión de la superficie.
 - Ahuellamiento: Afecta 18 m² con severidad media, comprometiendo la estabilidad del pavimento en esa área.

Recomendación de Intervención:

- ✚ **Mantenimiento preventivo:**
 - Sellado de Grietas y Reparación de Piel de Cocodrilo: Esto detendrá el crecimiento de fisuras y evitará la penetración de humedad.
 - Bacheo Superficial en Áreas con Desprendimiento de Agregados: Mejorará la uniformidad y resistencia de la superficie.
- ✚ **Justificación:** Aunque el PCI es alto, el mantenimiento preventivo es necesario para preservar el buen estado de este tramo y evitar la aparición de fallas más severas.

Tramo 7: Progresiva 0+600 - 0+700


- ✚ **Estado de la Vía:** Este tramo tiene un PCI de 65, lo cual lo clasifica en una condición "regular".
- ✚ **Fallas observadas:**

- Grieta de reflexión de junta: Afecta aproximadamente 25 m² y presenta una severidad media, lo que indica una fatiga estructural en las áreas donde se superponen capas de pavimento.
- Grietas longitudinales y transversales: Afectan a un área de 22 m² con una severidad baja. Aunque estas grietas no son severas, pueden propagarse si no se interviene.
- Piel de cocodrilo: Afecta 20 m² con severidad alta, manifestando el inicio de una falla por fatiga, lo que podría comprometer la estructura.
- Hundimientos: Afectan 14 m² con severidad media, lo que representa un riesgo para la resistencia y durabilidad del pavimento en esta área.


Recomendación de Intervención:

Mantenimiento correctivo:

- Bacheo profundo en zonas con grieta de reflexión de junta y hundimientos: Esta intervención requiere la extracción del material defectuoso y su sustitución por mezcla asfáltica para fortalecer la estructura.
- Fresado en áreas con piel de cocodrilo y nivelación: Esto permitirá eliminar las ondulaciones y restaurar una superficie uniforme y estable.

 **Justificación:** La intervención correctiva es crucial debido a las fallas de severidad alta y media observadas en este tramo, lo cual protegerá la estructura de la vía y mejorará la seguridad de los usuarios.

Tramo 8: Progresiva 0+700 - 0+800

 **Estado de la Vía:** Con un PCI de 69, este tramo se clasifica como "bueno".

Fallas observadas:


- Grieta transversal: Afecta un área de 20 m² con severidad media. Esta falla es propensa a extenderse y causar más desgaste si no se trata.

- Abultamiento y hundimiento: Afecta 12 m² con severidad baja. Aunque la deformación es mínima, puede acentuarse debido al tráfico.
- Desprendimiento de agregados: Afecta 18 m² y presenta severidad alta, lo que indica pérdida significativa de material, afectado la adherencia de la superficie.
- Bache: Afecta 10 m² con severidad media, lo cual representa un desgaste localizado en la superficie que podría empeorar sin tratamiento.

Recomendación de Intervención:

Mantenimiento preventivo:

- Sellado de grietas transversales para prevenir el avance de las fisuras y la penetración de agua.
- Bacheo superficial en áreas con desprendimiento de agregados y nivelación en áreas con abultamiento para restaurar la uniformidad.

 **Justificación:** Con el PCI de 69, el tramo está en buenas condiciones; Sin embargo, las intervenciones preventivas mejorarán su durabilidad y reducirán el riesgo de fallas más severas.

Tramo 9: Progresiva 0+800 - 0+900

 **Estado de la Vía:** Con un PCI de 67, se clasifica como "bueno".

Fallas observadas:

- Grietas longitudinales y transversales: Afectan 30 m² con severidad media, lo que indica un desgaste moderado que podría intensificarse.
- Hundimientos: Afectan 18 m² con una severidad alta. Estos hundimientos son críticos, ya que pueden comprometer la estabilidad y seguridad.
- Ahuellamiento: Afecta 15 m² con severidad media, lo que indica un desgaste por el tráfico.
- Desplazamiento: Afecta 10 m² con severidad alta, lo cual representa una deformación importante que puede afectar la seguridad vial.

Recomendación de Intervención:**✚ Mantenimiento preventivo:**

- Sellado de grietas para evitar que progresen.
- Corrección de hundimientos y bacheo en áreas desplazadas para restaurar la superficie y mejorar la estabilidad.

✚ **Justificación:** Al presentar un PCI de 67, el tramo está en buenas condiciones, y estas intervenciones preventivas ayudarán a mantener su estado sin necesidad de un mantenimiento correctivo intensivo.

Tramo 10: Progresiva 0+900 - 1+000

✚ **Estado de la Vía:** Este tramo tiene un PCI de 68, también clasificado como "bueno".

✚ Fallas observadas:

- Grietas longitudinales y transversales: Estas afectan 28 m² y tienen una severidad baja, lo que indica una afectación leve que puede extenderse sin intervención.
- Piel de cocodrilo: Afecta 20 m² con severidad alta, lo cual es indicativo de una fatiga avanzada en esta área.
- Desprendimiento de agregados: Afecta 10 m² con severidad media, señalando una pérdida parcial de la capa superficial.
- Bache: Este afecta 12 m² y tiene severidad alta, lo cual requiere atención para evitar un deterioro mayor.

Recomendación de Intervención:**✚ Mantenimiento preventivo:**

- Sellado de grietas y reparación en áreas con desprendimiento de agregados para proteger la estructura.
- Bacheo superficial en áreas afectadas por baches y piel de cocodrilo para restaurar la uniformidad y evitar que se desarrollen daños mayores.

- ✚ **Justificación:** Al tener un PCI alto, este tramo no necesita intervenciones correctivas intensivas. Las medidas preventivas ayudarán a mantener su buen estado y reducir el riesgo de fallas estructurales graves.

Tramo 11: Progresiva 1+000 - 1+100

- ✚ **Estado de la Vía:** PCI de 67, en condición "buena".
- ✚ **Fallas observadas:**
 - Grieta de borde: Afecta 20 m² con severidad media, lo cual indica una falla progresiva que puede avanzar si no se trata.
 - Grieta de reflexión de junta: Afecta 15 m² con severidad alta, lo cual representa una afectación estructural que puede deteriorar la capa superior.
 - Abultamiento y hundimiento: Afecta 12 m² con severidad baja, indicando una deformación leve que requiere nivelación.
 - Ahuellamiento: Afecta 10 m² con severidad media, comprometiendo la estabilidad y nivelación de la superficie.

Recomendación de Intervención:

- ✚ **Mantenimiento preventivo:**
 - Sellado de grietas y corrección de grietas de reflexión de junta para reducir el riesgo de progresión de fallas.
 - Bacheo y nivelación en áreas con abultamiento y hundimiento para mejorar la resistencia del pavimento y su uniformidad.
- ✚ **Justificación:** Las fallas son de baja y media severidad en su mayoría, por lo que el mantenimiento preventivo es suficiente para preservar el buen estado de este tramo y evitar reparaciones más costosas en el futuro.

Tramo 12: Progresiva 1+100 - 1+180

- ✚ **Estado de la Vía:** Con un PCI de 64, este tramo se clasifica como "regular".

✚ Fallas observadas:

- Grietas longitudinales y transversales: Estas fallas afectan un área de 35 m² con una severidad media, señalando un desgaste que podría intensificarse si no se trata.
- Hundimientos: Afectan 18 m² con una severidad alta. Estos hundimientos representan un compromiso estructural que debe atenderse.
- Desprendimiento de agregados: Afecta 10 m² con severidad media, lo cual indica pérdida de material en la superficie.
- Bache: Afecta 12 m² con severidad alta, lo cual señala un desgaste importante que debe ser intervenido para evitar que empeore.

Recomendación de Intervención:**✚ Mantenimiento correctivo:**

- Bacheo profundo en áreas con hundimientos y baches para restaurar la estructura del pavimento, eliminando material dañado y aplicando mezcla nueva.
- Fresado y nivelación en áreas con desprendimiento de agregados para restablecer una superficie uniforme y mejorar la durabilidad.

✚ Justificación: Dada la condición regular del tramo y las fallas de alta severidad, el mantenimiento correctivo es esencial para restaurar la estabilidad de la vía y evitar que las fallas se intensifiquen. Esta intervención asegura que la vía se mantenga segura y en condiciones óptimas para el tráfico.

Tabla 34

Resumen de la Propuesta de intervención en cada Tramo.

| Tramo | Progresiva | PCI | Clasificación | Tipo de intervención | Detalles de la intervención |
|-------|---------------|-----|---------------|--------------------------|---|
| 1 | 0+000 - 0+100 | 70 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 2 | 0+100 - 0+200 | 68 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 3 | 0+200 - 0+300 | 64 | Regular | Mantenimiento | Bacheo profundo en áreas |

| | | | | | |
|----|---------------|----|---------|--|--|
| 4 | 0+300 - 0+400 | 62 | Regular | correctivo Mantenimiento correctivo | críticas Reparación de baches y fresado parcial |
| 5 | 0+400 - 0+500 | 67 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 6 | 0+500 - 0+600 | 66 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 7 | 0+600 - 0+700 | 65 | Regular | Mantenimiento correctivo | Bacheo profundo en áreas problemáticas |
| 8 | 0+700 - 0+800 | 69 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 9 | 0+800 - 0+900 | 67 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 10 | 0+900 - 1+000 | 68 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 11 | 1+000 - 1+100 | 67 | Bueno | Mantenimiento preventivo | Sellado de grietas, bacheo superficial. |
| 12 | 1+100 - 1+180 | 64 | Regular | Mantenimiento correctivo | Bacheo profundo en áreas críticas |

Se presenta la propuesta de intervención para cada tramo de la vía evaluada, clasificándolos según el índice de condición de pavimento (PCI) y el tipo de intervención recomendado. Los tramos con condiciones "buenas" requieren mantenimiento preventivo, principalmente mediante sellado de grietas y bacheo superficial, mientras que los tramos en estado "regular" precisan mantenimiento correctivo, incluyendo bacheo profundo y fresado parcial en áreas críticas.

4.2 Discusión de resultados.

La evaluación de la vía de alto tránsito mostró un deterioro significativo en distintas secciones, con fallas como grietas longitudinales y transversales, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y ahuellamientos. Este tipo de desgaste es congruente con estudios en infraestructura vial peruana, los cuales señalan que el tránsito constante y las condiciones climáticas contribuyen de manera considerable al deterioro de las vías, especialmente en aquellas que no reciben mantenimiento adecuado (Salazar & Velásquez, 2021). La segmentación y análisis por tramos ha permitido una observación detallada de cada falla, clasificando su severidad y facilitando así una intervención específica y efectiva en cada caso.

En el Tramo 1, con un PCI de 70 y considerado en "buen" estado, se registraron grietas longitudinales y transversales de severidad media. Este tipo de daño se presenta comúnmente en vías de alto tránsito sometidas a cargas repetitivas y que experimentan problemas de infiltración de agua, lo que disminuye la cohesión de las capas inferiores del pavimento (González, 2019). Estos factores, particularmente en áreas con temporadas de lluvias intensas como en las regiones andinas del Perú, contribuyen a que las grietas se propaguen y se intensifiquen. La implementación de un mantenimiento preventivo mediante el sellado de grietas y el bacheo superficial se considera adecuada en este caso para prevenir la progresión de fallas hacia niveles de mayor gravedad, como destacan estudios sobre mantenimiento en grietas iniciales, que reducen la necesidad de futuras intervenciones correctivas (Ramírez & Quispe, 2017).

Por otro lado, en el Tramo 3, que presentó un PCI de 64 y fue clasificado como "regular", se identificaron hundimientos, los cuales representan un tipo de falla estructural que afecta la estabilidad de la vía y genera riesgos en su tránsito. En estudios de infraestructura vial en la región sur del Perú, se ha documentado que los hundimientos son una consecuencia de deficiencias en la compactación de la base o subbase y en el drenaje de la vía (Paredes et al., 2020). Este tipo de fallas suele requerir un mantenimiento correctivo profundo, incluyendo el bacheo y fresado, para recuperar la estabilidad estructural. Calderón & Rojas (2018) argumentan que este tipo de intervención permite mejorar la durabilidad de la vía y prevenir el deterioro acelerado, especialmente en áreas expuestas a tráfico constante.

Los tramos clasificados como "buenos" en el índice PCI (1, 2, 5 y 8) presentan índices que van de 68 a 70 y se beneficiarían de un mantenimiento preventivo, evitando que los daños superficiales avancen a estados de mayor deterioro. En estudios realizados en vías rurales de alto tránsito en la sierra peruana, se ha documentado que intervenciones preventivas, como el sellado de grietas, contribuyen a extender la vida útil del pavimento y a reducir la incidencia de fallas más graves (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2022). El mantenimiento preventivo no solo resulta más rentable, sino

que además permite mantener la transitabilidad y seguridad vial en mejores condiciones (Mendoza & Vásquez, 2023).

Contrariamente, los tramos clasificados como "regulares", como el Tramo 4, que presenta un PCI de 62, requieren intervenciones correctivas, como el fresado y el bacheo en zonas críticas, para mitigar fallas como el desprendimiento de agregados y la fatiga superficial en piel de cocodrilo, fallas típicamente ocasionadas por la exposición prolongada al tránsito y las variaciones ambientales que afectan la adherencia de los agregados (González & Ortiz, 2020). Los estudios de mantenimiento correctivo, específicamente el fresado en áreas de fatiga avanzada, muestran que se trata de una medida eficaz para eliminar las fracturas interconectadas, evitando así que estas evolucionen hacia un deterioro mayor (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2022).

El Tramo 12, con un PCI de 64 y una clasificación "regular", mostró fallas críticas, como hundimientos y desprendimiento de agregados. Según Calderón & Rojas (2018), las vías que alcanzan estos índices requieren mantenimiento correctivo para conservar su funcionalidad y garantizar la seguridad vial. Para este tramo, se ha recomendado una intervención mediante bacheo profundo y fresado, lo cual permitirá estabilizar la estructura de la vía. Estas acciones no solo contribuyen a mejorar la seguridad de los usuarios, sino que también incrementan la durabilidad de la vía y minimizan la frecuencia de futuras intervenciones de alto costo.

Finalmente, el PCI promedio en la vía fue de 66.08, clasificándola en una condición superficial "regular", lo cual indica que, aunque algunos tramos se encuentran en buen estado, el conjunto de la vía es susceptible a un rápido deterioro sin una estrategia de mantenimiento adecuada. Estudios comparativos en vías peruanas con clasificaciones similares sugieren que las secciones en condiciones "regulares" experimentan deterioros acelerados, especialmente en pavimentos de concreto asfáltico sometidos a tráfico pesado y condiciones ambientales adversas (Paredes et al., 2020).



En conclusión, los hallazgos de este estudio coinciden con investigaciones previas que subrayan la importancia de ajustar las estrategias de mantenimiento a las condiciones específicas de cada tramo, teniendo en cuenta el PCI y el tipo de falla. La propuesta de intervención para cada tramo, que se fundamenta en el análisis de las fallas y su severidad, permite un uso eficiente de los recursos y contribuye a la mejora de la seguridad y funcionalidad de la vía. Estas intervenciones prolongarán la vida útil de la infraestructura y beneficiarán a los usuarios al reducir el riesgo de accidentes y los costos de mantenimiento futuros.



CONCLUSIONES

Primera. - las fallas de mayor incidencia en la vía evaluada fueron las grietas longitudinales y transversales, seguidas de la piel de cocodrilo y el desprendimiento de agregados, con severidades medias y altas debido al tráfico constante y condiciones climáticas. Este desgaste progresivo coincide con hallazgos previos en vías de alto tránsito en el Perú.

Segunda. - la condición superficial promedio de la vía, medida por el PCI, es "regular" (66.08), con algunos tramos en "buena" condición. Esta clasificación indica que, sin un mantenimiento adecuado, la vía podría continuar deteriorándose, afectando la seguridad y funcionalidad.

Tercera. - se propone un plan de intervención que incluya mantenimiento preventivo en tramos "buenos" (sellado de grietas y bacheo superficial) y correctivo en tramos "regulares" (bacheo profundo y fresado parcial), optimizando recursos y reduciendo futuros costos de reparación.



RECOMENDACIONES

Primera, que futuras investigaciones incluyan el análisis de la carga vehicular y el tipo de tránsito en las vías evaluadas, ya que estos factores influyen en el tipo y severidad del desgaste del pavimento. Esto permitirá adaptar mejor las estrategias de mantenimiento a las condiciones específicas de uso en vías de alto tránsito.

Segunda, realizar un análisis comparativo de técnicas de mantenimiento, como el bacheo superficial, sellado de grietas y fresado. Esto ayudará a identificar las intervenciones más efectivas en términos de durabilidad y costo-beneficio, optimizando los recursos y prolongando la vida útil del pavimento.

Tercera, establecer estudios a largo plazo para monitorear la evolución de fallas en intervalos regulares. Esto permitirá ajustar las estrategias de mantenimiento en función de los resultados obtenidos, mejorando la planificación y la efectividad en la gestión de pavimentos.



REFERENCIAS

- Aguirre Tarazona, R., & Garmendia Rivera, K. S. (2023). *Influencia de las cenizas de totora y tuna en las propiedades de la subrasante del Jr. Amazonas, Huánuco 2023*. Huanuco: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/133636>
- Angulo Roldan, M., & Zavaleta Papa, C. N. (2019). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019*. IQUITOS: Universidad Científica del Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>
- Apaza Porto, H. N. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pci para mejoramiento de la avenida circulación noroeste, Juliaca-2021*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58818>
- Aquino Apestegui, H. N., & Miranda Obregón, B. S. (2021). *Estabilización de pista no pavimentada usando PET reciclado en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote –Ancash - 2021*. Ancash: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72984>
- Arenas Prado, G. S., & Rosas Casa, L. (2019). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante incorporando cal hidratada, vía de acceso, distrito Santa Ana de Tusi, Pasco-2019*. Pasco: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58239>
- Balcells, J. (2018). *La investigación social: introducción a los métodos y técnicas*. Escuela Superior de Relaciones Públicas, PPU.
- Baque-Solis, B. S. (2020). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de*



- Manabí. Manta, Ecuador: DIALNET. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398457>
- Bejarano Hernández, B. S., & Luna Pizza, J. D. (2020). *Análisis del comportamiento físico y mecánico de la adición de microfibras PET en el mejoramiento de un suelo arcilloso*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7448>
- Cabana Valverde, M. A. (2017). *Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico CAL a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria - Wilcahuain, Huaraz, 2017*. Huaraz: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/13375>
- Calderon Lopez, N. A. (2022). *Efectos de la estabilización con cal viva y ceniza de cañihua en las propiedades de la subrasante, carretera Caracoto – Suches, Puno, 2022*. Caracoto Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/101625>
- Callme Chivigorri, C. M., & Torres Banda, H. M. (2024). *Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la Av. Primavera, Cerro Colorado, Arequipa*. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/8610>
- Campos Requejo, R. (2018). *Evaluación superficial aplicando metodología PCI del pavimento flexible de la carretera Bagua-Alenya, provincia Bagua, Amazonas 2018*. Amazonas: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/37494>
- Capia Mamani, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019*. Juliaca: Universidad Peruana Union. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3156>
- Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.



- Castillo Ravelo, E. H., & Saucedo Caldas, Y. A. (2019). *Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores Alto – Chimbote – Ancash – 2019*. Ancash: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35882>
- Ccallo Mamani, F. M. (2022). *Evaluación de propiedades físico mecánicas de subrasante con adición de ceniza de stipa Ichu y totora en Av. Ejército, Puno - 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/105317>
- Ccama Quispe, H. G., & Turpo Arapa, K. Y. (2021). *Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y verificación de tramos con fallas estructurales mediante Deflectometría, vía Juliaca – Lampa - Puno*. Lampa: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65735>
- Chayña Pineda, R. H. (2022). *Análisis del uso de ceniza de totora en la estabilización de la subrasante en la trocha carrozable Ccota-Quipata, Puno, 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/104462>
- Choquecota Guillen, A. B. (2023). *Influencia de la incorporación de ceniza de totora y habas en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, en la carretera PE-3ST Platería, Puno 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110877>
- Cordero Garcés, M. O., & Guaranda Mero, B. G. (2017). *Análisis comparativo de los métodos Vizir-PCI aplicada en pavimento flexible via Jipijapa-la Mona, Canton Jipijapa*. Jipijapa-Noboa: JIPIJAPA-UNESUM. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/804>
- Coy Pineda, O. M. (2017). *Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos Vizir y Pci*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/16508>



- Escobar Blas, G. E., & Reyes Asto, D. A. (2022). *Influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2022*. Virú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/31294>
- Flores Cruz, P. D., & Mayta Calci, R. (2022). *Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas incorporando PET y cal en la subrasante de la carretera Unocolla, Puno - 2022*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98809>
- Flores Ortega, D. C., & Zea Arias, H. P. (2021). *Plástico reciclado en la estabilización de suelos cohesivos para mejorar la subrasante de una vía multicarril, Juliaca 2021*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68779>
- Garnica Silva, J. A., & Durán Sánchez, J. E. (2023). *Eco-eficacia de la estabilización mecánica de la tapia pisada a partir de mallas de refuerzo de botellas PET*. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/50208>
- Gavilanes Bayas, E. G. (2015). *Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
- HERNANDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS, A., & MORENO, L. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabi: 3ciencias - Area de Innovacion y Desarrollo S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>
- Jara Anyaypoma, R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/686>



- Laguna Peñaloza, O. I., & Chacón Charcas, J. M. (2020). *Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9352>
- Medina Hostia, S., & Vivanco Ríos, R. W. (2021). *Análisis superficial de pavimentos flexibles y alternativas de Intervención tramo puente Los Maestros - Cutervo, vía Acomayo, Ica, 2021*. Acomayo, Ica: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85697>
- Moreira Cedeño, F. L., & Guamán Iler, I. I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. Puyo, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24608>
- Olaya Castro, L. F. (2021). *Revisión teórica del mejoramiento de suelos arcillosos complejos en Colombia mediante el uso de materiales reciclados*. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/35097>
- Parra-Gómez, M. G. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. Colombia: Universidad catolica de colombia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/22856>
- PINO, R. (2018). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Portilla Yandún, F. P., & Andaluz López, R. S. (2022). *Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante*. Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34106>
- Portilla Yandún, F. P., & Celi Yanchapanta, K. A. (2021). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32376>



- Quispe Chuquicusma, H., & Quispe Olivera, A. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos de subrasante adicionando ceniza de arroz y café para obras viales en Jaén 2022*. Jaen: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110943>
- Quispe Masco, H. E. (2022). *Estabilización de subrasante con fibra de mascarilla quirúrgica reciclada, en el camino vecinal Chimpa Jallapisi, Puno - 2022*. PUNO: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92017>
- Ramirez Silva, D. M. (2023). *Estabilización del suelo con la ceniza de cascarilla de arroz y polietileno (PET) para pavimento*. Chiclayo: Universidad Señor de Sipan. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11037>
- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Diaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo, Uisrael*, 8(1), 113-128.
- Santander Zambrano, M. E., & Yávar Rodríguez, J. C. (2018). *Análisis Comparativo entre Método de Estabilización de Subrasante mediante el uso de Enzimas Orgánicas y Mezclas con Cal, en la Urbanización Tanya Marlene ubicada en la Ciudad de Milagro, Provincia del Guayas*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29312>
- Vegas Mendoza, M. Y. (2021). *Estabilización de suelos adicionando polímero tipo PET triturado al 3%, 5% y 7% en la avenida Chiclayo, Lambayeque - 2021*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/90019>
- Yuni, J., & Urbano, C. (2021). *Metodología y Técnicas para Investigar: Recursos para la elaboración de proyectos, análisis de datos y redacción científica* (2° ed., Vol. 1). Brujas. doi:ISBN: 979-8595351294



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

| TITULO DE TESIS: "ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024" | | | | |
|---|--|--|---|---|
| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Inst. de Medición |
| <p>Problema General: ¿Cuál es la condición superficial actual del pavimento en las vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024, según el manual americano de inspección visual?</p> | <p>Objetivo General: Analizar la condición superficial del pavimento mediante el manual americano de inspección visual en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.</p> | <p>Hipótesis General: El pavimento de las vías de alto tránsito en el distrito de San Miguel en 2024, mostrara un deterioro significativo que afecta su funcionalidad y seguridad, por lo que se requiere una intervención específica.</p> | <p>Variable Independiente</p> <p>Condición del pavimento.</p> <p>Dimensiones: <input type="checkbox"/> Fallas. <input type="checkbox"/> Grado de severidad.</p> | <p>Inspección visual, Método PCI (Pavement Condition Index)</p> |
| <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las fallas de pavimento de mayor incidencia y qué grado de severidad presentan, según el manual americano de inspección visual, en las vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024?</p> <p>¿Cuál es la clasificación de condición superficial del pavimento en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024 según el manual americano de inspección visual?</p> <p>¿Qué tipo de intervenciones se pueden proponer para mejorar la condición superficial del pavimento en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel en 2024, basadas en el nivel de condición identificado?</p> | <p>Objetivos Específicos</p> <p>Identificar las fallas de mayor incidencia y determinar el grado de severidad asociado a ellas, según el manual americano de inspección visual, en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.</p> <p>Determinar la clasificación general de la condición superficial según el manual americano de inspección visual en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.</p> <p>Proponer una propuesta de intervención según el nivel de condición superficial en vías de alto tránsito del distrito de San Miguel 2024.</p> | <p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las fallas más comunes en el pavimento de las vías de alto tránsito en el distrito de San Miguel en 2024 presentaran niveles altos de daño, lo que impacta negativamente en la seguridad y el flujo vehicular.</p> <p>La clasificación general del estado superficial del pavimento, de acuerdo con el manual americano de inspección visual, será de calidad baja o regular, lo que sugiere la necesidad de trabajos de mantenimiento o reparación en San Miguel.</p> <p>Una propuesta de intervención específica, basada en el estado actual del pavimento, mejorará de manera significativa la durabilidad y el funcionamiento de las vías de alto tránsito en San Miguel.</p> | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER, HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 01
 ANCHO DE VIA (m) : 14
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100
 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 000
 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 100
 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parqueo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pulimiento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuellamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabolica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | |
|-----------------|-----------|----------------------|--|--|--|--|-------|--------------|----------------|-----------|
| 10 | M | 8,0 | | | | | 8,0 | 6,35% | 20 | |
| 4 | H | 3,0 | | | | | 3,0 | 4,76% | 25 | |
| 19 | M | 5,0 | | | | | 5,0 | 3,81% | 18 | |
| 5 | L | 4,0 | | | | | 4,0 | 3,17% | 10 | |
| TOTAL VD | | | | | | | | | | 73 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Valor deducido mas alto | 25 |
| valor deducido menor | 10 |
| Numero maximo de valores deducidos | 4 |

| | | |
|---------------|------|----------------------------------|
| m | 7,89 | $m = 1 + (986) (100 - HDV) = 10$ |
| Parte decimal | 0,89 | |
| Valor minimo | 10 | |

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | VDT | q | VDC |
|----------------|-------------------|--|--|--|--|--|------|-------------|-----|
| 1 | 20 | | | | | | 0,20 | 4,00 | |
| 2 | 25 | | | | | | 0,25 | 6,25 | |
| 3 | 18 | | | | | | 0,18 | 3,24 | |
| 4 | 10 | | | | | | 0,1 | 1,00 | |
| MAX VDC | | | | | | | | 6,25 | |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 70

CONDICION DEL PAVIMENTO: BUENO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER, HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UIM - 02 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 100
 ANCHO DE VIA (m) : 14 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 200
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parcheo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pullmiento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuellamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabolica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO |
|-------|-----------|----------------------|--|--|--|--|--|-----------------|--------------|----------------|
| 1 | M | 6,0 | | | | | | 6,0 | 5,71% | 15 |
| 15 | H | 4,0 | | | | | | 4,0 | 6,35% | 28 |
| 7 | L | 3,0 | | | | | | 3,0 | 2,54% | 8 |
| 19 | M | 5,0 | | | | | | 5,0 | 4,76% | 20 |
| | | | | | | | | TOTAL VD | | 71 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Valor deducido mas alto | 28 |
| valor deducido menor | 8 |
| Numero maximo de valores deducidos | 4 |

| | |
|---------------|------|
| m | 7,61 |
| Parte decimal | 0,61 |
| Valor minimo | 8 |

$$m = 1 + (998) (100 - HDV) \leq 10$$

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | VDT | q | VDC |
|----|-------------------|--|--|--|--|--|------|----------------|-------------|
| 1 | 15 | | | | | | 0,15 | 2,25 | |
| 2 | 28 | | | | | | 0,28 | 7,84 | |
| 3 | 8 | | | | | | 0,08 | 0,64 | |
| 4 | 20 | | | | | | 0,2 | 4,00 | |
| | | | | | | | | MAX VDC | 7,84 |

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 68

CONDICION DEL PAVIMENTO: **BUENO**



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER, HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 03 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 200
 ANCHO DE VIA (m) : 14 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 300
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parcheo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pulimento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuellamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabolica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO |
|-------|-----------|----------------------|--|--|--|--|-----------------|--------------|----------------|
| 10 | M | 10,0 | | | | | 10,0 | 7,94% | 22 |
| 4 | H | 5,0 | | | | | 5,0 | 5,71% | 26 |
| 8 | M | 3,0 | | | | | 3,0 | 3,81% | 18 |
| 5 | H | 2,0 | | | | | 2,0 | 4,76% | 22 |
| | | | | | | | TOTAL VD | | 88 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Valor deducido mas alto | 26 |
| valor deducido menor | 18 |
| Numero maximo de valores deducidos | 4 |

| | | |
|---------------|------|-------------------------------------|
| m | 7,80 | $m = 1 + (9/8) (100 - HDV) \leq 10$ |
| Parte decimal | 0,80 | |
| Valor minimo | 18 | |

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | VDT | q | VDC |
|----|-------------------|--|--|--|--|-----|----------------|-------------|
| 1 | 22 | | | | | | 0,22 | 4,84 |
| 2 | 26 | | | | | | 0,26 | 6,76 |
| 3 | 18 | | | | | | 0,18 | 3,24 |
| 4 | 22 | | | | | | 0,22 | 4,84 |
| | | | | | | | MAX VDC | 6,76 |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 84

CONDICION DEL PAVIMENTO: BUENO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER. HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 04 INICIO DE PROGRESIVA (KM): 0 + 300
 ANCHO DE VIA (m): 14 FIN DE PROGRESIVA (KM): 0 + 400
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100 AREA DE LA UNIDAD (m2): 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parcheo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pulimiento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuellamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabolica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO |
|-------|-----------|----------------------|--|--|--|--|--|-----------------|--------------|----------------|
| 7 | M | 7,0 | | | | | | 7,0 | 7,94% | 22 |
| 19 | H | 6,0 | | | | | | 6,0 | 5,71% | 26 |
| 15 | M | 4,0 | | | | | | 4,0 | 3,81% | 18 |
| 1 | H | 3,0 | | | | | | 3,0 | 6,35% | 26 |
| | | | | | | | | TOTAL VD | | 94 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Valor deducido mas alto | 28 |
| valor deducido menor | 18 |
| Numero maximo de valores deducidos | 4 |

| | | |
|---------------|------|---------------------------------|
| m | 7,61 | $m = 1 + (0/98) (100-HDV) = 10$ |
| Parte decimal | 0,61 | |
| Valor minimo | 18 | |

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | VDT | q | VDC |
|----|-------------------|--|--|--|--|--|------|----------------|-------------|
| 1 | 22 | | | | | | 0,22 | 4,84 | |
| 2 | 26 | | | | | | 0,26 | 6,76 | |
| 3 | 18 | | | | | | 0,18 | 3,24 | |
| 4 | 28 | | | | | | 0,28 | 7,84 | |
| | | | | | | | | MAX VDC | 7,84 |

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 62

CONDICION DEL PAVIMENTO: BUENO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER, HUBER JUAN VALERÓ MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 08
 ANCHO DE VÍA (m): 14
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100
 INICIO DE PROGRESIVA (KM): 0 + 500
 FIN DE PROGRESIVA (KM): 0 + 600
 AREA DE LA UNIDAD (m2): 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parcheo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pulimento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuellamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabolica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO |
|-------|-----------|----------------------|--|--|--|--|-----------------|--------------|----------------|
| 10 | M | 9,0 | | | | | 9,0 | 8,57% | 22 |
| 1 | H | 4,0 | | | | | 4,0 | 4,76% | 26 |
| 19 | M | 5,0 | | | | | 5,0 | 3,81% | 18 |
| 15 | M | 6,0 | | | | | 6,0 | 4,13% | 20 |
| | | | | | | | TOTAL VD | | 88 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Valor deducido mas alto | 26 |
| valor deducido menor | 18 |
| Numero máximo de valores deducidos | 4 |

| | | |
|---------------|------|----------------------------------|
| m | 7,80 | $m = 1 + (998) (100 - HDV) = 10$ |
| Parte decimal | 0,80 | |
| Valor mínimo | 18 | |

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | VDT | q | VDC |
|----|-------------------|--|--|--|--|-----|----------------|-------------|
| 1 | 22 | | | | | | 0,22 | 4,84 |
| 2 | 26 | | | | | | 0,26 | 6,76 |
| 3 | 18 | | | | | | 0,18 | 3,24 |
| 4 | 20 | | | | | | 0,2 | 4,00 |
| | | | | | | | MAX VDC | 6,76 |

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 66

CONDICION DEL PAVIMENTO: BUENO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER, HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 09 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 800
 ANCHO DE VIA (m) : 14 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 800
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parqueo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pulimiento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuellamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabolica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | |
|-------|-----------|----------------------|--|--|--|--|--|-------|-----------------|----------------|-----------|
| 10 | M | 11,0 | | | | | | 11,0 | 9,52% | 24 | |
| 4 | H | 4,0 | | | | | | 4,0 | 8,35% | 28 | |
| 15 | M | 5,0 | | | | | | 5,0 | 4,76% | 20 | |
| 16 | H | 2,0 | | | | | | 2,0 | 3,17% | 12 | |
| | | | | | | | | | TOTAL VD | | 84 |

| | | | | |
|------------------------------------|----|---------------|------|-----------------------------------|
| Valor deducido mas alto | 28 | m | 7,61 | $m = 1 + (996) (100 - HDV) <= 10$ |
| valor deducido menor | 12 | Parte decimal | 0,61 | |
| Numero maximo de valores deducidos | 4 | Valor minimo | 12 | |

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | VDT | g | VDC | |
|----|-------------------|--|--|--|--|--|-----|------|----------------|-------------|
| 1 | 24 | | | | | | | 0,24 | 5,76 | |
| 2 | 28 | | | | | | | 0,28 | 7,84 | |
| 3 | 20 | | | | | | | 0,2 | 4,00 | |
| 4 | 12 | | | | | | | 0,12 | 1,44 | |
| | | | | | | | | | MAX VDC | 7,84 |

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 67

CONDICION DEL PAVIMENTO: BUENO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER. HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 10 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 0 + 900
 ANCHO DE VIA (m) : 14 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 1 + 000
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parcheo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pulimiento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuellamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabólica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO |
|-------|-----------|----------------------|--|--|--|--|--|-----------------|--------------|----------------|
| 10 | L | 10,0 | | | | | | 10,0 | 8,88% | 18 |
| 1 | H | 4,0 | | | | | | 4,0 | 4,76% | 26 |
| 18 | M | 5,0 | | | | | | 5,0 | 4,13% | 20 |
| 13 | H | 3,0 | | | | | | 3,0 | 3,81% | 18 |
| | | | | | | | | TOTAL VD | | 82 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Valor deducido mas alto | 26 |
| valor deducido menor | 18 |
| Numero maximo de valores deducidos | 4 |

| | | |
|---------------|------|--------------------------------------|
| m | 7,80 | $m = 1 + (8/98) (100 - HDV) \leq 10$ |
| Parte decimal | 0,80 | |
| Valor minimo | 18 | |

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | VDT | q | VDC |
|----|-------------------|--|--|--|--|--|-----|----------------|-------------|
| 1 | 18 | | | | | | | 0,18 | 3,24 |
| 2 | 26 | | | | | | | 0,26 | 6,76 |
| 3 | 20 | | | | | | | 0,2 | 4,00 |
| 4 | 18 | | | | | | | 0,18 | 3,24 |
| | | | | | | | | MAX VDC | 6,76 |

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 68

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO: **BUENO**



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



| | |
|------------|---|
| PROYECTO: | : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 |
| EVALUADOR: | BACHILLER, HUBER JUAN VALERO MENDOZA |
| MUESTRA: | AV. 3 DE OCTUBRE, DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL |

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: LIM - 12 INICIO DE PROGRESIVA (KM) : 1 + 100
 ANCHO DE VIA (m) : 14 FIN DE PROGRESIVA (KM) : 1 + 180
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100 AREA DE LA UNIDAD (m2) : 1400

| N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID | N° | TIPO DE FALLA | COD | UNID |
|----|---------------------------------------|-----|------|----|------------------------------|-----|------|
| 1 | Piel de Cocodrilo | PDC | m2 | 11 | Parqueo | PAR | m2 |
| 2 | Exudación | EXU | m2 | 12 | Pulimento de Agregado | PUL | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque | AEB | m2 | 13 | Huecos | HUC | und |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | AHU | m | 14 | Cruce de la vía férrea | CFE | m2 |
| 5 | Corrugación | COG | m2 | 15 | Ahuesamiento | AHT | m2 |
| 6 | Depresión | DPS | m2 | 16 | Desplazamiento | DPT | m2 |
| 7 | Grieta de Borde | GBO | m | 17 | Grieta Parabólica | GRP | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | GJU | m | 18 | Hinchamiento | HIN | m2 |
| 9 | Desnivel Carril / Berma | DES | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DEA | m2 |
| 10 | Grieta Longitudinales / Transversales | GTR | m | | | | |

| NIVEL DE SEVERIDAD | BAJA | MEDIA | ALTA |
|--------------------|-------|----------|--------|
| | (LOW) | (MEDIUM) | (HIGH) |
| | L | M | H |

| FALLA | SEVERIDAD | CANTIDADES PARCIALES | | | | | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | |
|-------|-----------|----------------------|--|--|--|--|-------|-----------------|----------------|-----------|
| 10 | M | 12,0 | | | | | 12,0 | 11,11% | 24 | |
| 4 | H | 4,0 | | | | | 4,0 | 5,71% | 26 | |
| 19 | M | 5,0 | | | | | 5,0 | 3,81% | 18 | |
| 13 | H | 3,0 | | | | | 3,0 | 4,44% | 20 | |
| | | | | | | | | TOTAL VD | | 88 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Valor deducido mas alto | 26 |
| valor deducido menor | 18 |
| Numero maximo de valores deducidos | 4 |

| | | |
|---------------|------|--------------------------------------|
| m | 7,80 | $m = 1 + (29/8) (100 - HDV) \leq 10$ |
| Parte decimal | 0,80 | |
| Valor mínimo | 18 | |

| N° | VALORES DEDUCIDOS | | | | | VDI | q | VDC | |
|----|-------------------|--|--|--|--|-----|------|----------------|-------------|
| 1 | 24 | | | | | | 0,24 | 5,76 | |
| 2 | 26 | | | | | | 0,28 | 8,76 | |
| 3 | 18 | | | | | | 0,18 | 3,24 | |
| 4 | 20 | | | | | | 0,2 | 4,00 | |
| | | | | | | | | MAX VDC | 5,76 |

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PCI = 64

CONDICION DEL PAVIMENTO: BUENO



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 24-01-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: HUBER JUAN VALERO MENDOZA

Dirección: Jr. NICASIO COMUNID.CAMPESINA CUMPARO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70150882

Teléfono: 913 682 022 email: hualeromendoza@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL

MANUAL AMERICANO DE INSPECCIÓN VISUAL EN VÍAS DE ALTO

TRANSITO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTADO DEL PAVIMENTO, ÍNDICE PCL, MANTENIMIENTO DE VÍAS, VÍAS DE ALTO TRANSITO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



Firma de Autor



huella digital

24 - 01 - 2025

Fecha